

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIE VÝROBY PLECHOVÝCH KLECÍ PRO AXIÁLNÍ SOUDEČKOVÁ LOŽISKA

TECHNOLOGY OF THRUST BEARING STEEL CAGES PRODUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MAREK JEŽ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL RUMÍŠEK, CSc.

BRNO 2008

ABSTRAKT

JEŽ Marek: Technologie výroby plechových klecí pro axiální soudečkové ložiska.

Diplomová práce prezenčního studia, magisterského studijního programu – Strojírenství. Obor strojírenská technologie, 2. ročník, 2. stupeň – letní semestr, studijní skupina 50 / 51, akademický rok 2007 / 2008. FSI VUT Brno, ÚST odbor tváření kovů a plastů, květen 2008, stran 78, obrázků 54, příloh 6.

Tématem diplomové práce je technologie výroby plechových klecí pro axiální soudečkové ložiska. Daná problematika zahrnuje výrobu plechových klecí pro axiální soudečkové ložiska – tažením, stříháním, děrováním a kalibrací. Pro zvoleného reprezentanta tj. ložisko s označením 29 336 M, navrhuji náhradu plechové klece místo mosazné. Součást (klec) je vyrobena z ocelového plechu 11 300 tloušťky 4 mm, výchozí polotovár je tabule plechu o rozměrech 360 x 4 x 3000 mm. Při řešení daného problému se vychází z toho, že současný stav klece je teprve ve vývoji.

Cílem diplomové práce je vybrání reprezentanta, navržení vhodného technologického postupu, vypracování konstrukčního návrhu funkčních částí nástroje pro děrování okének včetně potřebných výpočtů a dílenské výkresové dokumentace.

Klíčová slova: plechová klec, axiální soudečkové ložisko, tažení, stříhání, děrování

ABSTRACT

JEŽ Marek: Technology of thrust bearing steel cages production .

Diploma assert of daily magisteral's studies, study programme – Industry. The branch manufacturing technology, 2nd form, level 2 – summer semester, study group 50 / 51, academical year 2007 / 2008. FSI of Brno University of Technology, department of forming and plastics, May 2008, 78 pages, 54 pictures, 6 supplements.

The main theme of the Diploma Theses is the technology of production of tin cages for axial spherical-roller bearings. The given matter includes the production of tin cages for axial spherical-roller bearings – by traction, cutting, punching and calibration. For the chosen representative, i.e. bearing with marking 29 336 M I suggest the substitution of tin cage instead of the brass one. The component (cage) is made of the sheet iron 11 300 of 4 mm thickness, the basic semi product is the sheet panel with the size of 360 x 4 x 3000 mm. In solving the given matter, it is started from the fact that the current state of the cage is still under development.

The aim of the Diploma Thesis is to choose the representative, suggest the appropriate technological progress, proposing the engineering design of functional parts of the tool for punching the holes/windows including the necessary calculations and workshop graphical documentation.

Key words: tin cage, axial spherical-roller bearing, traction, cutting, punching

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JEŽ, M. *Technologie výroby plechových klecí pro axiální soudečková ložiska*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 78 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 23.5.2008

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Pavlovi Rumíškovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce.

Taktéž děkuji firmě ZKL Brno, a.s. a zároveň koncernu ZKL Hanušovice, a.s. za poskytnutí teoretických poznatků k danému tématu.

OBSAH

Titulní list	
Zadání	
Abstrakt	
Bibliografická citace	
Čestné prohlášení	
Poděkování	
Obsah	

ÚVOD.....	11
-----------	----

I.) LITERÁRNÍ STUDIE.....	12
----------------------------	----

1. TAŽENÍ [1], [2], [7], [8], [9], [11].....	12
--	----

1. 1. Princip tažení plechu.....	12
1. 2. Tažení rotačně symetrických výtažků.....	16
1. 2. 1. Stanovení velikosti přístřihu.....	16
1. 2. 2. Součinitel tažení, stupeň tažení.....	18
1. 2. 3. Určení počtu tažných operací.....	19
1. 2. 4. Výpočet a použití síly přidržovače.....	20
1. 2. 5. Tažná mezera.....	21
1. 2. 6. Síly při tažení.....	22
1. 2. 7. Tažná práce a tažná rychlost.....	23
1. 2. 8. Tažné hrany tažidla.....	24
1. 2. 9. Redukce tažení.....	25
1. 3. Maziva pro tažení.....	26
1. 4. Nástroje pro tažení.....	27

2. STŘÍHÁNÍ [1], [2], [5], [8], [9], [10], [11].....	27
--	----

2. 1. Průběh stříhání v nástroji.....	27
2. 2. Síly a práce při stříhání.....	30
2. 2. 1. Střížná síla.....	30
2. 2. 2. Střížná práce.....	32
2. 2. 3. Stírací a protlačovací síla	32
2. 2. 4. Střížná mezera a vůle.....	32
2. 2. 5. Střížný odpor.....	34
2. 3. Střížný nástroj (stříhadlo).....	34
2. 4. Nástřihový plán.....	40
2. 5. Pevnostní výpočet funkčních částí střížných nástrojů.....	40
2. 5. 1. Pevnostní výpočet střížníků.....	40
2. 5. 2. Pevnostní výpočet střížnice.....	41
2. 5. 3. Určení těžiště střížných sil.....	41

3. KALIBROVÁNÍ [1], [8].....	43
------------------------------	----

4. HODNOCENÍ ZATÍŽENÍ LOŽISEK.....	44
------------------------------------	----

II.) POPIS SOUČASNÉHO STAVU A ZHODNOCENÍ MOŽNOSTI NÁHRADY KLECÍ.....	45
III.) ZHODNOCENÍ VÝROBNÍCH SKUPIN AXIÁLNÍCH SOUDEČKOVÝCH LOŽISEK A VÝBĚR REPREZENTANTA.....	51
IV.) KONSTRUKČNÍ NÁVRH FUNKČNÍCH ČÁSTÍ NÁSTROJE PRO DĚROVÁNÍ OKÉNEK KLECE	65
V.) EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ NÁHRADY MOSAZNÉ KLECE KLECÍ PLECHOVOU	70
VI.) ZÁVĚR	74
SEZNAM POUŽITÝCH LITERÁRNÍCH PRAMENŮ.....	75
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	76
SEZNAM PŘÍLOH.....	78

ÚVOD

Technologie zpracování materiálů lze v dnešní době rozdělit do dvou základních oblastí. První oblastí je obrábění a druhé je tváření.

Při obrábění je materiál ze součásti odebírán ve formě třísek. Zde řadíme technologie jako je frézování, soustružení, vrtání, broušení, ale i nově vznikající technologie obrábění pomocí laseru, vodního paprsku, plazmy atd. Tato oblast v dnešní době zaznamenává rozvoj hlavně ve vývoji nástrojů. Ale na druhou stranu je to technologie s malým využitím materiálu, kde větší procento výchozího materiálu tvoří odpad. Právě kvůli tomuto problému je tato technologie nahrazována technologiemi s větší produktivitou a menšími technologickými odpady. Týká se to například technologie jako je tlakové lití, objemové a plošné tváření. Jedná se o ekonomicky lepší technologie, nazývané též technologie bezodpadové.

Tváření patří mezi progresivní technologie, kde podstatou tvarování finálního výrobku je vyvolání plastické deformace. Pomocí ní se trvale mění tvar a rozměr tvářeného materiálu. Cílem této technologie nemusí být vždy jen dosažení požadovaného tvaru součásti, ale často také zlepšení mechanických a fyzikálních vlastností zhotovení součástí.

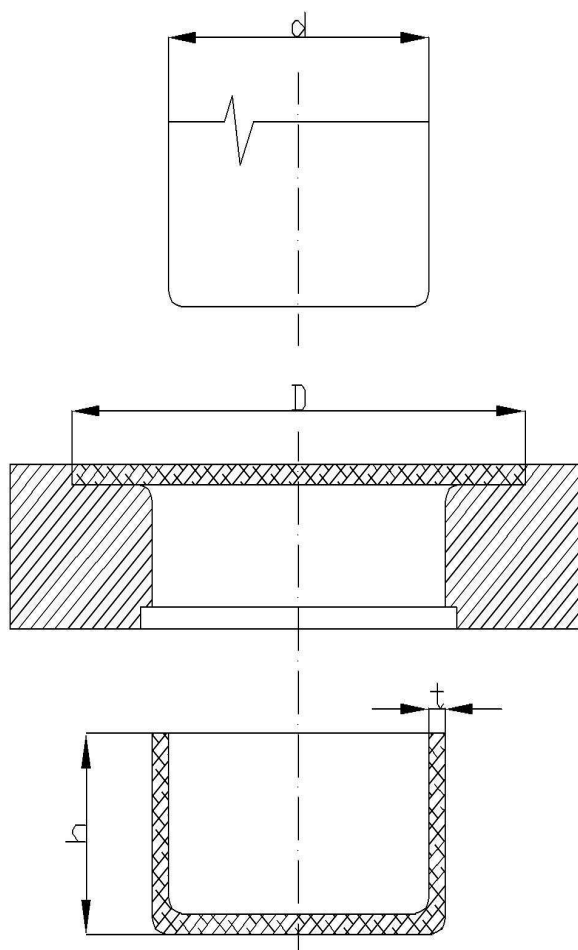
Tváření se dělí do dvou kategorií, na plošné a objemové. Při plošném tváření se nemění tloušťka materiálu a patří sem např. tažení, stříhání, ohýbání atd. Při objemovém tváření se materiál zásadně mění ve svém průřezu, ale objem zůstává stejný. Objemové tváření dělíme na tváření za studena (pěchování) a za tepla (kování). Kritériem volby je teplota krystalizace. Tvářet lze buď tlakem na lisech (statické namáhání) nebo rázem na bucharech (dynamické namáhání). Výhodou tváření je vysoká produktivita práce, deformační zpevnění a hlavně úspora materiálu. Nevýhodou je velká pořizovací cena nástroje.

I.) LITERÁRNÍ STUDIE

1. TAŽENÍ [1], [2], [7], [8], [9], [11]

1.1 Princip tažení plechu

Tažení je technologický proces tváření, při kterém se z rovinného přístřihu (plechu) v jedné nebo více operacích (tzv. hluboké tažení) vyrobí duté těleso. Jedná se o zpracování plechu, pomocí něhož lze tímto způsobem zhotovit různé tvarové součásti, např. válcové nebo hranaté výtažky bez podstatné změny tloušťky výchozího materiálu, tak i složitější nesymetrické výrobky. Tažení se provádí na lisovacích strojích, kde z rovinného přístřihu o rozměrech průměru D a tloušťky t , vznikne výtažek o průměru d a výšce h . Materiál se vytlačuje při tažení směrem k obvodu a zvětšuje výšku h výtažku.



Obr. 1 Princip tažení plechu [7]

Dle ČSN 22 6001, rozdělujeme procesy tažení následovně:

- Tažení bez ztenčení stěny (tj. jednoduché nebo prosté tažení)
- Tažení se ztenčením stěny
- Tažení zpětné
- Protahování
- Rozšiřování
- Zužování
- Přetahování

ad a) Tažení bez ztenčení stěny (tažení jednoduché – prosté)

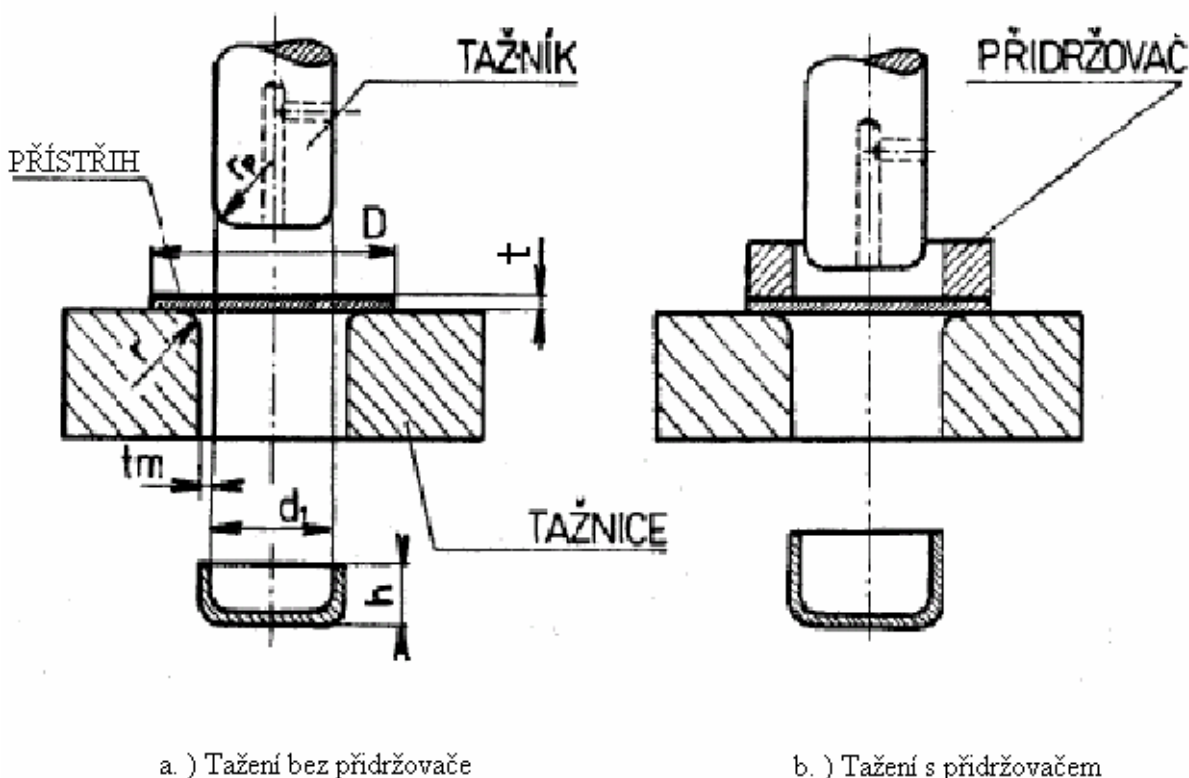
Jedná se o tváření bez změny tloušťky materiálu. Nástrojem je tažidlo, konečná fáze výrobku je výtažek. Hlavní části tažidla jsou tažník a tažnice. Tažení prosté může provedeno, buď s přidržovačem, nebo bez přidržovače.

- **Tažení s přidržovačem**

Tažený materiál je v průběhu tažné operace přidržován přidržovačem. Tím pádem dosahujeme větších redukci a zabrání se případnému zvlnění tažného materiálu, přesněji okraje. Pro tažení s přidržovačem je vhodné používat jednočinné a dvojčinné lis.

- **Tažení bez přidržovače**

Používá se výhradně u nízkých a tvarově jednoduchých výtažků, tažených z poměrně tlustého materiálu. Tažení bez přidržovače nám umožňuje z hlediska konstrukce mít tažidla jednoduchá, levná a provozně spolehlivá, ale na druhou stranu redukce při tomto tažení musí být poměrně malá, jinak se okraj taženého přístříhu začne deformovat – vlnit. Drobné a středně velké výtažky můžeme táhnout na jednočinných lisech.

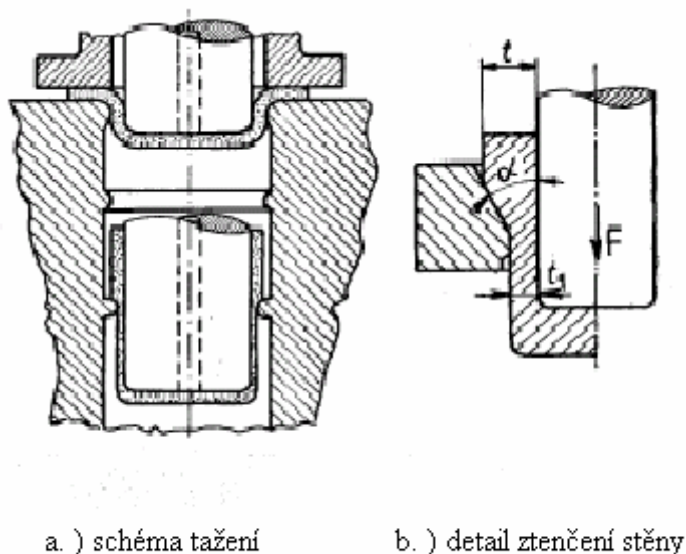


Obr. 2 Tažení rotačního výtažku bez ztenčení stěny [9]

ad b) Tažení se ztenčením stěny

Jedná se o obdobnou metodu jako je prosté tažení, dochází však při něm k podstatnému zmenšení tloušťky stěny výtažku. Ztenčením tloušťky stěny výtažku se získá delší výtažek než při prostém tažení s tlustším dnem. Ztenčování stěn výtažku tažením se provádí zejména u

druhých a dalších tahů. Optimální úhel kužele náběrové hrany tažnice je 60° . Výtažky je nutné při této operaci dokonale mazat, aby se zabránilo jejich případnému zadírání.

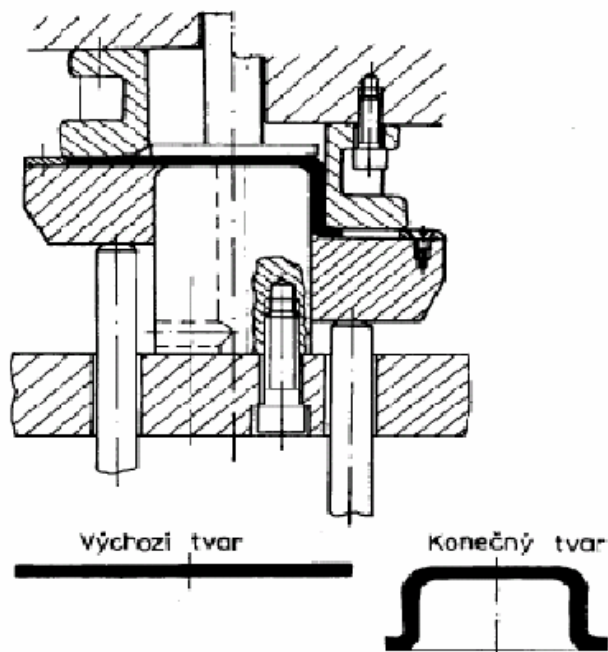


Obr. 3 Tažení se ztenčením stěny [9]

ad c) Tažení zpětné (obrácené)

U tažení zpětného je první tah proveden pomocí sdruženého tažidla, následuje vytažení válcového výtažku prostým tažením a ve druhé operaci se provede tažení v obráceném směru. Při zpětném tažení se dosahuje až o 25 % větší redukce, než u prostého tažení. Materiál je tím pádem u tažení méně namáhán a proto se méně zeslabuje. U této technologie nedochází téměř k zvlnění okrajů u výtažku.

Zpětné tažení (tažení s převrácením) se používá , je – li $\frac{t}{D} \cdot 100 < 0,5$. Tímto způsobem se táhnou například výtažky kulovitého tvaru.

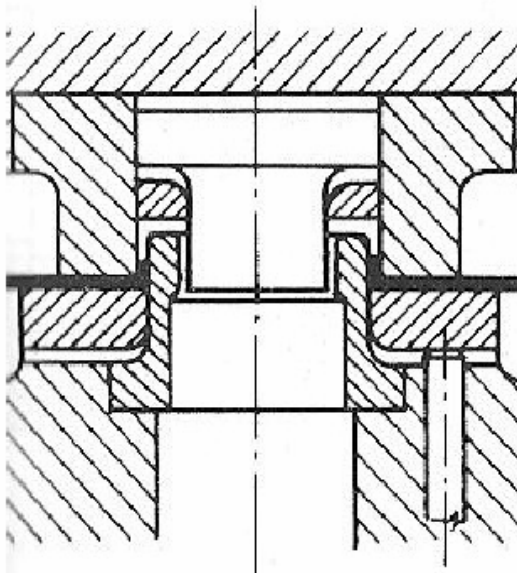


Obr. 4 Tažení zpětné (obrácené) [9]

ad d) Protahování

Protažením materiálu prostříženým otvorem, nejčastěji kruhovým tvarem, se vytvoří válcová stěna. Protahování otvorů je v podstatě tvoření lemů kolem otvorů dutých součástí, dochází k zaoblením ostrých hran a zároveň k jejich zpevňování. Materiál v průběhu protahování je pouze namáhán na tah.

U protahování můžeme použít i dvě technologie najednou pomocí sdruženého nástroje, a tj. prostřihování a zároveň protahování. Děje se to tak, že střížnice je tažníkem, zároveň také střížníkem a musí zasouvat celou výšku náboje.

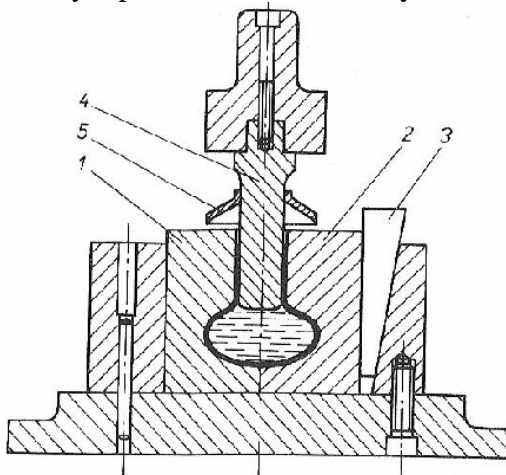


Obr. 5 Sdružený nástroj na děrování a protahování [7]

ad e) Rozšiřování

Zmíněná technologie se využívá při výrobě k tažení různých druhů nádob (kotlíků, džbánů). Při rozšiřování lze použít různé způsoby, např. segmentový tažník, který se roztahuje klínem. Jedná se o tažidla s vysokou produktivitou, kde nejsou požadovány vysoké udržovací náklady. Výtažky se často rozšiřují kapalinou (např. minerálním olejem) a tažníkem do tvaru dutiny tažnic, která bývá dělená.

Jednoduché rozšiřovací tažidlo je uvedeno na (obr. 6.), kde je použita kapalina (voda, olej). Tažnice má dvě části (1, 2), které jsou na sebe přitlačovány klínem (3). Tažník (4) je kalen a broušen z důvodu, aby lépe lícoval do otvoru výtažku. (5) je plechový kryt (zabraňuje rozstříkávání kapaliny)



Obr. 6 Jednoduché rozšiřovací tažidlo [7]

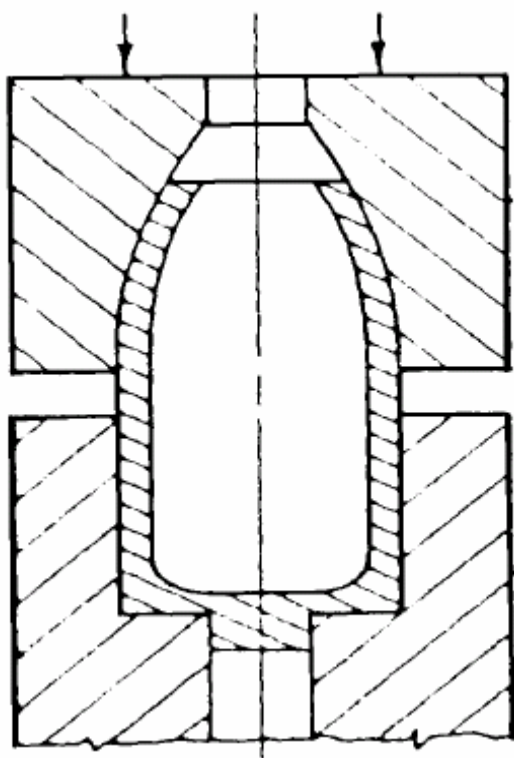
1, 2 - tažnice; 3 - klín; 4 – tažník; 5 – plechový kryt (zabraňuje rozstříkávání kapaliny)

ad f) Zužování

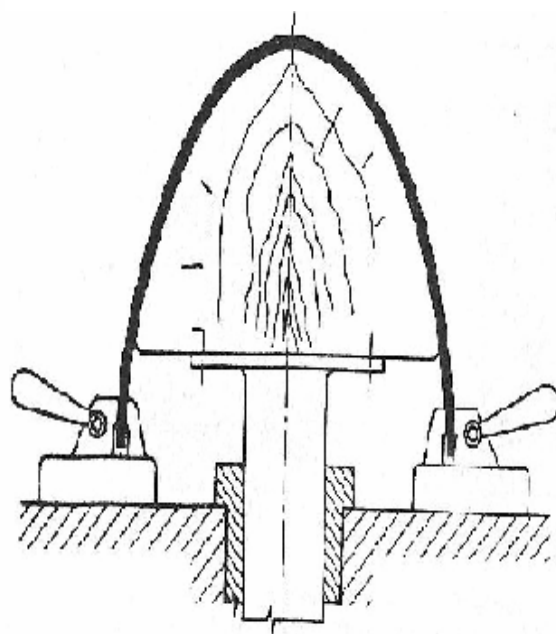
Technologický proces zužování je redukování průměru otevřeného konce výtažku, přičemž průměr dna zůstává zachován. Zužováním se materiál značně zpevňuje, tím pádem je toto pro nás nevýhodné, protože se snižuje vhodnost k tváření. Proto se někdy výtažky musí mezi operacemi žíhat, aby nevznikaly trhliny v materiálu. Zužování je znázorněno na obr. 7.

ad g) Přetahování

Přetahování je přetváření plechového přístřihu do tvaru jednoduchého výtažku napínáním přes šablonu – tažník. Přístřih plechu je pevně upnut na protilehlých koncích. Přetahováním se plech značně oslabuje a zpevňuje. Nevýhodou této technologie je nízká produktivita způsobená dlouhými výrobními časy a velká spotřeba materiálu (část upnutá v kleštinách se odstřihuje). Naproti tomu výhodou jsou nízké pořizovací náklady nástrojů a mohou se vyrábět výtažky s dvojitou křivostí. Přetahování je znázorněno na obr. 8.



Obr. 7 Schéma zužování [7]



Obr. 8 Schéma přetahování [7]

1.2 Tažení rotačně symetrických výtažků

Tažení rotačních symetrických výtažků patří mezi nejvýznamnější způsoby tažení plechu. Nejvíce se používá jako výchozí polotovár pro tažení čtvercový tvar. Výpočtové vztahy, které jsou využívány pro rotačně symetrické výtažky jsou základem pro výpočty složitějších tvarů výtažků.

1.2.1 Stanovení velikosti přístřihu

Velikost přístřihu se stanoví výpočtem nebo pomocí diagramů. Výchozím materiálem (polotovarem) pro plošné tváření je přístřih z tabule plechu.

U velikosti přístřihu pro výtažky válcového tvaru se vychází z předpokladu stálosti objemu tvářeného materiálu, tj. že tloušťka stěn a dna výtažku se vzhledem k tloušťce přístřihu nemění, takže plocha přístřihu se rovná ploše povrchu výtažku:

$$S_{\text{výř}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = S_{\text{výř}} \quad [\text{mm}^2] \quad (1)$$

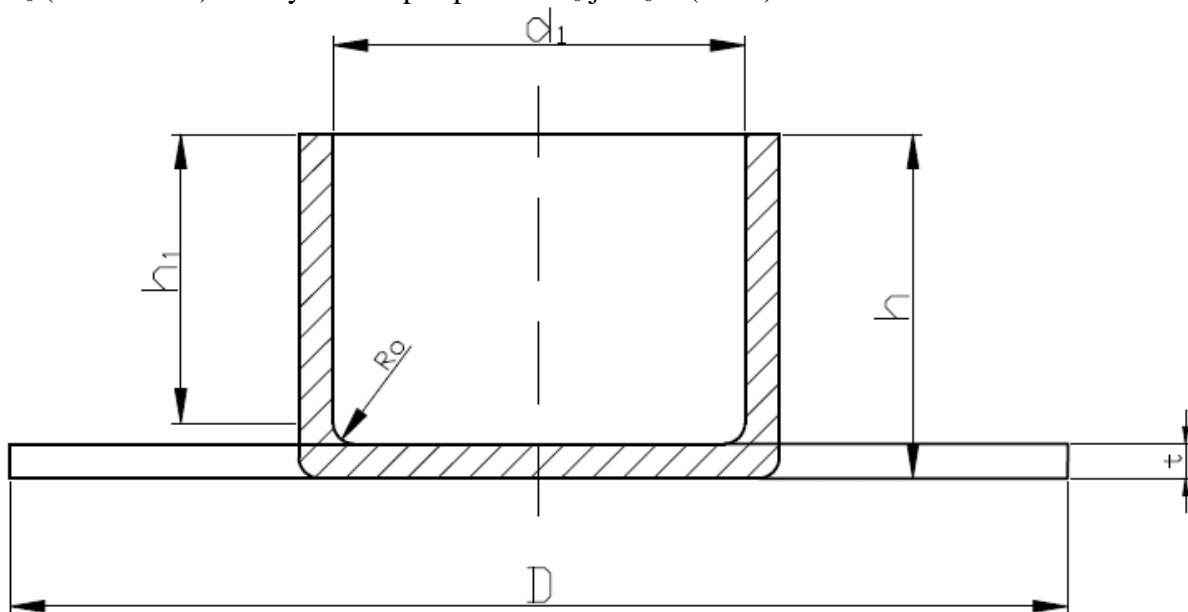
kde : $S_{\text{výř}} - \text{plocha výřezku} \quad [\text{mm}^2]$
 $S_{\text{výř}} - \text{plocha výtažku} \quad [\text{mm}^2]$
 $D - \text{průměr výřezku} \quad [\text{mm}]$

Velikost průměru přístřihu D se vypočte dle vzorce:

$$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h} \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

kde : $d_1 - \text{průměr výtažku} \quad [\text{mm}]$
 $h - \text{hloubka výtažku} \quad [\text{mm}]$

Vztah (2) pro výpočet velikosti přístřihu opomíjí poloměr přístřihu v místě zaoblení R_0 (viz. obr. 9). Daný rozsah pro použití R_0 je $R_0 = (3 \div 8) \cdot t$



Obr. 9 Určení velikosti přístřihu [7]

Velikost průměru přístřihu pro $R_0 > 8t$ pro válcový výtažek bez příruby se vypočítá dle vzorce:

$$D = 2 \cdot \sqrt{0,25 \cdot d_1^2 + d_1 \cdot (h_1 + 0,57 \cdot r_0) - 0,14 \cdot R_0^2} \quad [\text{mm}] \quad (3)$$

kde : $h_1 - \text{výška stěny výtažku} \quad [\text{mm}]$

Velikost průměru přístřihu pro $R_0 > 8t$ pro válcový výtažek s přírubou se vypočítá dle vzorce:

$$D = \sqrt{d_p^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h_1 - 3,44 \cdot d \cdot r} \quad [\text{mm}] \quad (4)$$

kde : d_p - průměr příruby [mm]
 d_1 - průměr výtažku [mm]
 R_0 - velikost poloměru přístřihu [mm]
 h - výška výtažku [mm]
 r - poloměr válcové části [mm]

Z důvodu anizotropie se vypočtený průměr D zvětšuje o 2÷7 % na ostřížení výtažku. Při každé další operaci se tento přídavek zvětšuje o 1 % velikosti přístřihu.

U složitějšího tvaru výtažku je vhodné pro stanovení jeho povrchu S_{rot} použít Guldinova pravidla: povrch rotačního tělesa S_{rot} vytvořený otáčením křivky libovolného tvaru podle osy, se rovná součinu z délky tvořící křivky L a dráhy těžiště této křivky, pak platí:

$$S_{\text{rot}} = 2 \cdot \pi \cdot x \cdot L \quad [\text{mm}^2] \quad (5)$$

kde : x - vzdálenost těžiště tvořící křivky od osy tělesa [mm]
 L - součet délek přímých částí stěn výtažku [mm]

Pak pro průměr přístřihu platí:

$$D = \sqrt{8 \cdot L_x} \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

kde : L_x – součet součinů dílčích délek $l_1 \dots l_n$ a vzdálenost těžišť těchto délek od osy x [mm]

$$L_x = l_1 \cdot x_1 + l_2 \cdot x_2 + l_3 \cdot x_3 + \dots + l_n \cdot x_n \quad [\text{mm}] \quad (7)$$

1.2.2 Součinitel tažení, stupeň tažení

Poměrné přetvoření pro první tah při tažení válcového výtažku je dáno vztahem:

$$\varepsilon_1 = \frac{D - d_1}{D} = 1 - \frac{d_1}{D} = 1 - m_1 \quad [-] \quad (8)$$

kde : m_1 – součinitel tažení pro první tah [-]

Pro další tahy dále platí:

$$m_n = \frac{d_n - 1}{d_n} \quad [-] \quad (9)$$

kde : d_n – průměr výtažku v dalších n krocích [mm]

Převrácená hodnota součinitele tažení \underline{m} je stupeň tažení K , kde platí:

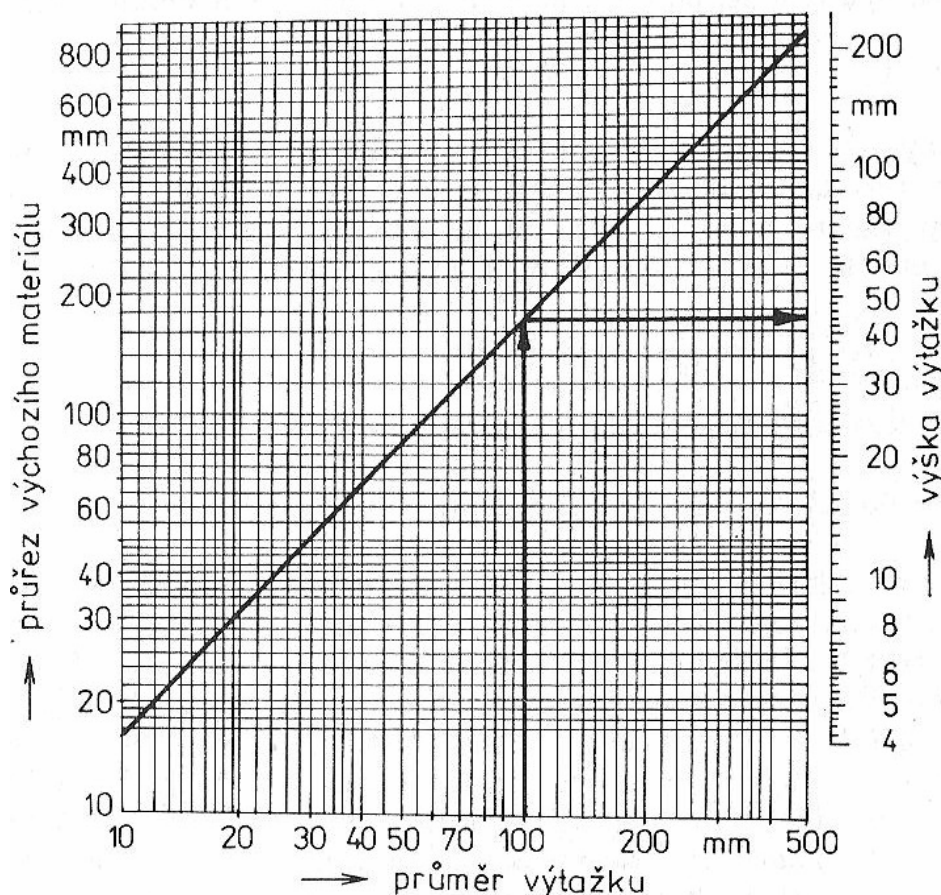
$$K = \frac{1}{m} \quad [-] \quad (10)$$

Součinitel tažení má vždy pro daný tah maximální hodnotu. Při překročení této hodnoty dojde k vyčerpání plasticity materiálu a poškození výtažku.

1.2.3 Určení počtu tažných operací

Požadovaný tvar výtažku lze z plochého přístřihu zhotovit buď jednou, nebo i více tažnými operacemi. Vše závisí na tvaru, velikosti výtažku, druhu materiálu a tloušťce tažného materiálu. Pro mělké výtažky vystačíme většinou s jednou operací tažení.

K rychlému určení, zda lze výtažek získat jedinou operací, nám slouží nomogram obr. 10:



Obr. 10 Nomogram k určení výšky výtažku dosažitelné v prvním tahu [7]

Nedosáhne-li se požadovaného tvaru výtažku jedinou tažnou operací, musí být výtažek tažen na více operací:

Určení počtu tahů:

$$\text{tah} \dots \dots \dots d_1 = m_1 \cdot D \quad [\text{mm}] \quad (11)$$

$$\text{tah} \dots \dots \dots d_2 = m_2 \cdot d_1 = m_2 \cdot m_1 \cdot D \quad [\text{mm}] \quad (12)$$

$$\text{tah} \dots \dots \dots d_3 = m_3 \cdot d_2 = m_3 \cdot m_2 \cdot m_1 \cdot D \quad [\text{mm}] \quad (13)$$

$$\text{Pro poslední tah...} d_n = (m_n)^{n-1} \cdot m_1 \cdot D \quad [\text{mm}] \quad (14)$$

kde : d_1, d_2, d_3 - střední průměry výtažků v jednotlivých operacích [mm]

m_1, m_2, m_3 - součinitele tažení pro jednotlivé operace [mm]

Celkový součinitel tažení je dán součinem součinitelů tažení v jednotlivých operacích:

$$m_c = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot \dots \cdot m_n \quad [-] \quad (15)$$

Norma ČSN 22 7301 doporučuje volit součinitel tažení v rozmezí, dle daného empirického vztahu:

$$m_n = \frac{(70 \div 80) + 0,01 \cdot d_{n-1}}{100} \approx 0,75 \div 0,85 \quad [-] \quad (16)$$

1.2.4 Výpočet a použití síly přidržovače

Rozhodnutí o použití přidržovače vychází z empirických vztahů. Použití přidržovače je nutné, jestliže:

- a) součinitel k_p , určující nutnost použití přidržovače je větší než hodnota, udaná normou ČSN 22 7301 :

$$k_p = 50 \cdot \left(z - \frac{\sqrt{t}}{\sqrt[3]{D}} \right) \quad [-] \quad (17)$$

kde : z – materiálová konstanta [-]

k_p – součinitel určující nutnost použití přidržovače [-]

$$\text{Je-li } k_p \geq \left(\frac{100 \cdot d}{D} \right) \quad [-] \quad \dots \text{ rovnice nám určuje nutnost použít přidržovač} \quad (18)$$

$$\text{Je-li } k_p < \left(\frac{100 \cdot d}{D} \right) \quad [-] \quad \dots \text{ přidržovač se nemusí použít (mělké tažení)} \quad (19)$$

$$\text{V dalších tažných operacích je přidržovač nutný pokud: } \frac{d_n}{d_{n-1}} < 0,9 \quad (20)$$

- b) podle Freidlinga z poměrné tloušťky materiálu:

$$\Delta t = \left(\frac{t}{D} \right) \cdot 100 \quad [-] \quad (21)$$

Je – li $\Delta t < 1,5 \dots$ je nutný přidržovač
 $\Delta t > 2 \dots \dots$ není nutný přidržovač
 $\Delta t = (1,5 \div 2) \dots$ je nutné způsob tažení ověřit

c) podle Šofmana můžeme zkontrolovat potřebu přidržovače dle vztahu:

$$D - d \leq 18.t \dots \dots \text{ je – li podmínka splněna, lze táhnout bez přidržovače} \quad (22)$$

Výpočet síly přidržovače:

$$F_p = S.p_p = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) p_p \quad [\text{N}] \quad (23)$$

kde : S – činná plocha pod přidržovačem [mm²]
 p_p – měrný tlak přidržovače [MPa]

Doporučené měrné tlaky přidržovače jsou pro různé materiály a použití uvedeného vztahu v tabulce 1:

Tab. 1 Doporučené měrné tlaky přidržovače

Materiál	Tlak přidržovače [MPa]
Ocelový hlubokotažný plech	2 ÷ 3
Nerezový plech	2 ÷ 5
Měděný plech	1,2 ÷ 1,8
Mosazný plech	1,5 ÷ 2
Hliníkový plech	0,8 ÷ 1,2

U tenkých plechů jsou měrné tlaky přidržovače větší než jsou potřeba u tlaků přidržovače při tažení silných plechů. Měrný tlak přidržovače se u prvního tažení musí nejdříve vyzkoušet dle doporučení, aby se zamezilo vzniku zmetků tím, že se utrhne příruba nebo dno. Velikost přidržovacího tlaku má hlavní význam pro výpočet celkové tažné síly a dimenzování přidržovače.

1.2.5 Tažná mezera

Tažná mezera t_m mezi tažníkem a tažnicí by měla být větší než tloušťka plechu, aby se přebytečný materiál mohl při vytahování přemístit a nepěchoval se. Musí se brát na zřetel různé ovlivňující činitele (například na druh taženého materiálu, tažný poloměr, výrobní tolerance plechu, rychlost tažení, mazání atd.). Příliš velká tažná mezera způsobuje zvlnění pláště výtažku. Pro kalibrování se volí $t_m = t$, v případě o něco málo menší, pro dosažení hladké plochy bez vln.

Pro stanovení velikosti tažné mezery jsou používány vztahy:

$$t_m = (1,2 \div 1,3) t \dots \text{ pro první tah} \quad [\text{ mm }] \quad (24)$$

$$t_m = (1,1 \div 1,2) t \dots \text{ pro poslední tah} \quad [\text{ mm }] \quad (25)$$

1.2.6 Síly při tažení

Pro stanovení síly a práce při tažení existuje řada způsobů. Používají se však zvláště dva typy vzorců:

- Teoretické – jsou sestaveny na základě rozboru napjatosti a deformace
- Praktické – vycházejí z přípustného napětí (meze pevnosti) ve výtažku

➤ Celková tažná síla (s použitím přidržovače a vyhazovače)

$$F_c = F_t + F_p + F_v \quad [\text{ N }] \quad (26)$$

kde : F_t – tažná síla $[\text{ N }]$

F_p – přidržovací síla $[\text{ N }]$

F_v – vyhazovací síla $[\text{ N }]$

➤ Celková tažná síla (s použitím přidržovače, ale bez vyhazovače)

$$F_c = F_t + F_p \quad [\text{ N }] \quad (27)$$

➤ Maximální tažná síla (které mohou stěny výtažku přenášet)

$$F_{\max} = \pi \cdot d \cdot t \cdot R_m \quad [\text{ N }] \quad (28)$$

kde : d – průměr výtažku $[\text{ mm }]$

t – tloušťka taženého materiálu $[\text{ mm }]$

R_m – mez pevnosti taženého materiálu $[\text{ MPa }]$

V praxi se tento vzorec používá k přibližnému výpočtu potřebné síly lisu. Ve skutečnosti však stěny výtažku přenášejí celou tažnou sílu, protože je částečně přenášena i třením mezi výtažkem a tažníkem.

➤ Skutečná tažná síla

- je obvykle nižší než síla maximální a závisí na redukci průměru přístřihu. Skutečná tažná síla se oproti maximální liší tak, že se zde zahrnuje součinitel tažení C v závislosti na součiniteli tažení m_1 .

$$F_{skut} = C \cdot \pi \cdot d \cdot t \cdot Rm \quad [\text{N}] \quad (29)$$

kde: C – součinitel vyjadřující vliv součinitele tažení s přihlédnutím k poměrné tloušťce t/D [-]

Tab. 2 Hodnoty součinitele C

$m_1 = \frac{d_1}{D}$	0,55	0,575	0,6	0,625	0,65	0,675	0,7	0,75	0,8
C	1	0,93	0,86	0,79	0,72	0,66	0,6	0,5	0,4

Pokud skutečná síla při tažení na více tahů vyjde větší než síla maximální, musí se mezi jednotlivé operace zařadit mezioperační žíhání (- slouží k odstranění zpevnění materiálu, a tím se zlepší jeho tažnost).

1.2.7 Tažná práce a tažná rychlost

- **Tažnou práci** potřebujeme určit především pro stanovení nebo kontrolu velikosti lisu - je dána vztahem:

$$A = \frac{C_1 \cdot F_c \cdot h}{1000} \quad [\text{J}] \quad (30)$$

kde : h – výška výtažku [mm]

F_c – největší potřebná síla [N]

C_1 – součinitel zaplnění (určený z praktických měření) [-]

- při tažení bez kalibrace dna $C_1 = 0,66$

- při tažení s kalibrací dna $C_1 = 0,8$

➤ Tažná rychlost

Při běžném tažení nemá rychlost průběhu tažné operace, tzv. tažná rychlost, překonat určitou hranici, aby nenastalo porušení výtažku. Při tažení je tažná rychlost největší v okamžiku dosednutí tažníku na materiál, nejnižší je v okamžiku skončení samotného tažení. Hodnota tažné rychlosti se nejčastěji stanoví s využitím vztahu:

$$v_{taž} \cong 0,006 \cdot 3n \cdot \sqrt{z_b \cdot p_t - p_t^2} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (31)$$

kde : n - počet otáček lisu [min^{-1}]
 z_b - hodnota zdvihu [mm]
 p_t - pracovní pohyb tažníku [mm].... - pracovním pohybem rozumíme vzdálenost, kterou vykoná tažník od okamžiku jeho dosednutí na materiál až po dosažení spodní krajní polohy.

1.2.8 Tažné hrany tažidla

Zásadní vliv na kvalitu tažení má poloměr zaoblení tažnice (r_t), tažníku (r_p).

➤ **Poloměr zaoblení tažnice** r_t se vypočte pro první tah podle vzorce:

$$r_t = 0,8 \cdot \sqrt{(D_0 - d) \cdot t_0} \quad [\text{mm}] \quad (32)$$

kde : D_0 - velikost přístřihu [mm]
 d - vnitřní průměr výtažku [mm]
 t_0 - výchozí tloušťka plechu [mm]

Poloměr zaoblení tažnice r_t se podle ČSN 22 7301 pro jednooperační tažení může ještě vyjádřit buď empiricky nebo z diagramu:

Empirický vztah :

$$r_t = (6 \div 10) \cdot t_0 \quad [\text{mm}] \quad (33)$$

Zvětší - li se poloměr zaoblení tažnice r_t , tím se usnadní tažení a je možné zvětšit hloubku i stupeň tažení na jednu operaci. Současně se však zmenší plocha pod přidržovačem a je nebezpečí porušení podmínky stability a vznik defektů na výtažku v podobě zvlnění.

Poloměr zaoblení tažnice r_t a poloměr zaoblení tažníku r_p se pro jednotlivé tažné operace určí (viz. obr. 11.) :

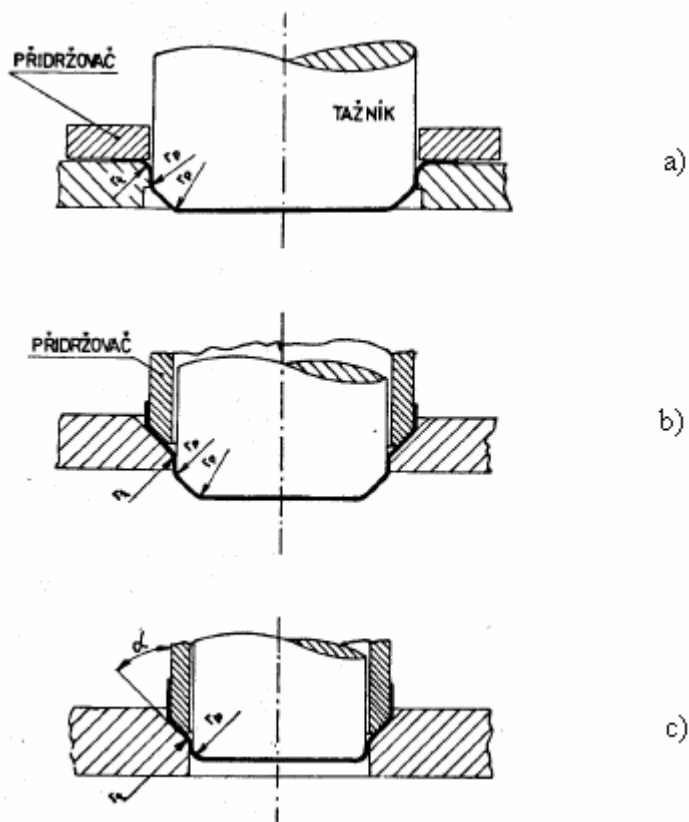
- První tah: $r_t = r_p = (8 \div 10) \cdot t \Rightarrow$ plocha přidržovače je rovinná, $\alpha = 0^\circ$
- Další tahy: $r_t = r_p = (6 \div 8) \cdot t \Rightarrow$ plocha tažníku, tažnice a přidržovače je kuželová, sklon $\alpha = 30^\circ \div 45^\circ$
- Poslední tahy - zde dochází k dokončení tvaru výtažku a poloměr zaoblení tažníku r_p závisí na velikosti zaoblení hran výtažku.

(34)

$$\begin{aligned} r_p &= (3 \div 4) \cdot t \Rightarrow \text{pro průměr výtažku } (10 \div 100) \text{ mm} \\ r_p &= (4 \div 5) \cdot t \Rightarrow \text{pro průměr výtažku } (100 \div 200) \text{ mm} \\ r_p &= (5 \div 7) \cdot t \Rightarrow \text{pro průměr výtažku } > 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

(35)

Zaoblení hrany r_t má značný vliv na průběh tažné síly. Malý poloměr zaoblení způsobuje ostrý ohyb, velké tření, zvýšení tažné síly. Na druhé straně, ale poloměr $r_t > 10t$ má za následek zmenšení přidržívané plochy přístřihu, to má za následek riziko vzniku zvlnění a zvýšení tažné síly.



a) 1. tah $\Rightarrow \alpha = 0^\circ$, b) mezi tah $\Rightarrow \alpha = 30^\circ \div 45^\circ$, c) konečný tah $\Rightarrow \alpha = 30^\circ \div 45^\circ$
Obr. 11 Poloměry zaoblení a úhly zkosení tažných hran [9]

1.2.9 Redukce při tažení

Aby u tažení nastala požadovaná trvalá deformace taženého materiálu, musí napětí v taženém kovu převýšit sílu na mezi kluzu tak, aby se však soudržnost taženého materiálu při tažení neporušila, nesmí tažná síla převýšit hodnotu jeho pevnosti v tahu.

Není – li v prvním tahu dosaženo požadované redukce průměru přístřihu, redukuje se průměr výtažku z prvního tahu dále ve druhém, v popřípadě v dalších tazích. Způsobnost materiálu se v druhém a v dalších tazích zmenšuje a také dosažitelná redukce průměru se tím pádem snižuje.

Redukcí průměru přístřihu můžeme vyjádřit vztahem, kdy pro 1. tah platí:

$$R_1 = \frac{D - d_1}{D} \cdot 100 \quad [\%] \quad (36)$$

1.3 Maziva pro tažení

Maziva se používají při tažení z důvodu snížení koeficientu tření mezi tvářeným materiálem a pracovními částmi tažidel. Chrání zpracovaný materiál před vznikem povrchových vad a nástroj proti opotřebení. Maziva nám dále umožňují použít vyšších stupňů tažení, snižují síly, napětí a následné ztenčení stěn výtažků, vyvolané třením.

Základními požadavky na maziva pro hluboké tažení jsou :

- a) dobrá mazací schopnost
- b) schopnost udržení mazacího filmu na třecích plochách
- c) schopnost vytvořit pevný souvislý film
- d) chemická stálost
- e) chemická netečnost
- f) tepelná stálost a odolnost
- g) ekonomická výhodnost (cena)
- h) snadné nanesení a odstranění z výtažku
- i) ekologická nenáročnost

Základními druhy maziva, které se využívají pro tažení jsou .

- **Kapalná maziva**

Mezi kapalná maziva řadíme oleje minerální, organické a zušlechtěné a oleje vyrobené synteticky. Oleje se běžně používají především pro mazání méně náročných tahů. Nanášejí se štětcem, ale při jejich použití se musí výtažek odmašťovat.

Olejové emulze jsou roztoky složené z olejů rozpuštěných ve vodě a z emulgátorů. Výhodou těchto emulzí je jejich chladicí účinek a snadnější odstranění z výlisků.

Mýdlové emulze jsou roztoky sodných a draselných mýdel. Nanášení emulze na plech se děje namáčením plechu v jejich roztoku.

Tukové emulze jsou roztoky tuků rozpustných ve vodě. Používají se pro méně náročné tahy.

- **Konzistenční maziva**

Řadí se mezi mazací tuky. Za konzistenční maziva můžeme pokládat rostlinná, živočišná a maziva, vyrobená z olejů a mýdel. Rozdělují se podle rozpustnosti ve vodě na rozpustná a nerozpustná. Nositelem mazacích vlastností je minerální olej i mastná přísada. Použití je u méně náročnějších tahů.

- **Tuhá maziva**

Mají malou smykovou pevnost, nepatrnou tvrdost. Používají se jako přísady k běžným mazivům pro hluboké složité výtažky. Nejčastěji se používá grafit, mastek apod. Jsou to maziva, podobná si vzhledem, i svými vlastnostmi.

1.4 Nástroje pro tažení

Nástroje lze dělit podle :

- druhu a počtu operací na:
 - jednoduché
 - postupové
 - sloučené
 - sdružené
- druhu lisu pro něž jsou určeny na:
 - lisy jednočinné
 - lisy dvojčinné
 - lisy postupové
- druhu a způsobu realizace tažné operace pro tažení:
 - s přidržovačem
 - bez přidržovače

2. STŘÍHÁNÍ [1], [2], [5], [8], [9], [10], [11]

Technologie stříhání patří mezi nejrozšířenějšími způsoby zpracování plechu, ať už se jedná o finální výrobek nebo polotovary určené k dalšímu zpracování (například přístřihy plechů určené k tažení).

Podstata stříhání spočívá v oddělování materiálu smykovým namáháním vyvolaným střížnými hranami protilehlých břitů nožů v ploše stříhu.

Pro dosažení kvalitního stříhu bez ostřin musíme zachovat určité podmínky a parametry, jako jsou zvláště ostří nožů, vůle mezi noži, vlastnosti stříhaného materiálu, způsob stříhání, kvalita střížného nástroje atd. Pokud se nedodržují tyto podmínky, může to vést k nekvalitní střížné ploše, ale i k vylomení břitů nožů nebo zničení celého nástroje.

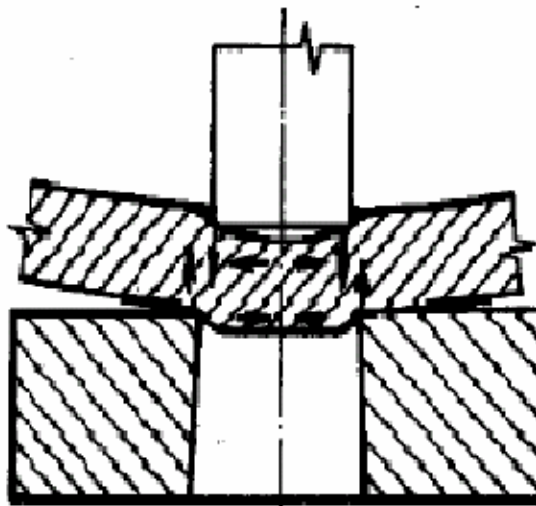
2.1 Průběh stříhání v nástroji

Střížná plocha je obecně zobrazována ve tvaru písmene „ S „. Materiál mezi střížnými hranami je natahován a současně vytlačován do stran, tím uvolňuje místo vnikajícím břitům. Podélné vrstvy, znázorněné vrstevnicemi (viz. obr. 12.) se prodlužují, výrazně mění křivost a mezi břity se zmenšuje tloušťka plechu

Průběh stříhání se skládá ze tří fází :

1. fáze

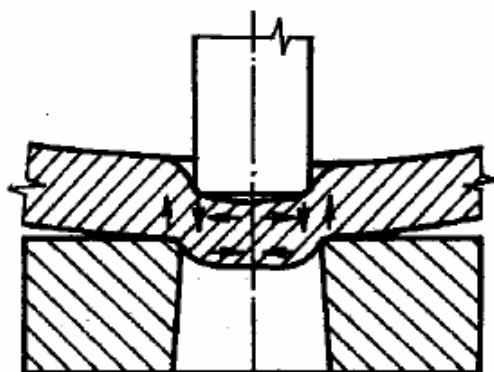
V první fázi dochází k pružné deformaci stříhaného materiálu. Stříhaný plech je namáhán silou působící v ploše mezi obvodem střížníku a střížnice. Hloubka vniknutí břitu je $5 \div 8 \%$ tloušťky stříhaného materiálu.



Obr. 12 (1. fáze - Oblast pružné deformace) [5]

2. fáze

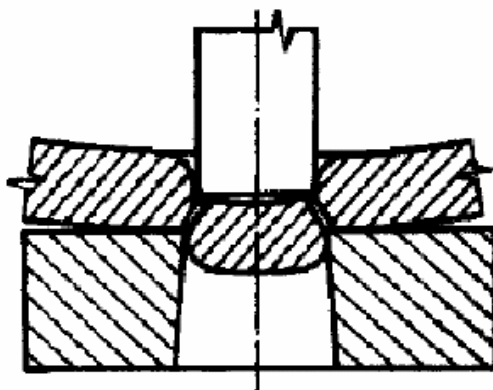
V druhé fázi je napětí ve stříhaném materiálu větší než mez kluzu. Uvnitř materiálu dochází ke vzniku trvalé plastické deformace. Největší napětí se tvoří okolo hran střížníku a střížnice. Tato fáze představuje oblast $10 \div 25 \%$ tloušťky stříhaného materiálu.



Obr. 13 (2. fáze - Oblast plastické deformace) [5]

3. fáze

Ve třetí fázi dochází k tomu, že materiál je namáhán nad mez pevnosti ve stříhu. U hran střížníku a střížnice vznikají trhliny, které se rychle prodlužují. Jakmile se společně střetnou, tak dochází k oddělení výstřížku od výchozího materiálu. Výstřížek je oddělen už dříve, než projde střížník celou tloušťkou stříhaného materiálu.



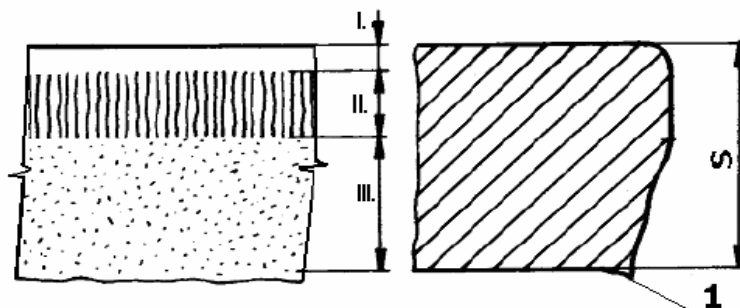
Obr. 14 (3. fáze – Oddělení materiálu) [5]

Rychlost vzniku a postup trhlín je závislý především na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a na velikosti střížné vůle. U tvrdých a křehkých materiálů dochází k rychlému oddělení při malém vniknutí střížných hran do materiálu. U měkkých a houževnatých materiálů dochází ke vzniku trhlín, jejichž šíření je pomalé. Hloubka vniknutí střížných hran v okamžiku oddělení bývá velké.

Kvalita střížné plochy závisí především na těchto faktorech :

- velikosti střížné mezery
- velikosti střížné vůle
- kvalitě střížného nástroje
- vlastnostech stříhaného materiálu – s rostoucí tvrdostí se zhoršuje jakost střížné plochy
- způsobu stříhání

Rozbor střížné plochy



Obr. 15 Střížná plocha [5]

- I. Pásmo (pásmo zaoblení) – zde se projevuje pružná deformace materiálu při vnikání střížníku do materiálu.
- II. Pásmo (pásmo stříhu) – střížná plocha je hladká a lesklá, je tvořena plastickou deformací. Velikost této plochy je dána vlastností stříhaného materiálu.
- III. Pásmo (pásmo utržení) – zde probíhá oddělování střížné části. Není zde zapotřebí další síly k úplnému oddělení výstřížku. Šířka pásu roste s tvrdostí a křehkostí stříhaného materiálu. V závislosti na vlastnostech stříhaného materiálu a střížné vůli může dojít v pásmu k výskytu otřepu (1) od spodního nože. Otřep je tím větší, čím je tupější spodní nůž a čím tvárnější je stříhaný materiál.

2.2 Síly a práce při stříhání

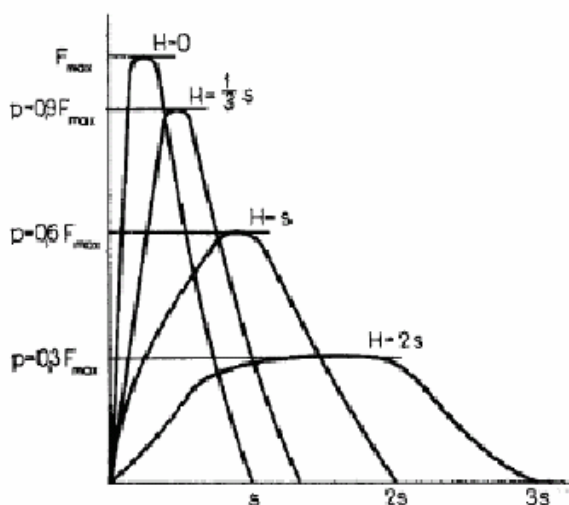
2.2.1 Střížná síla

Střížná síla je síla potřebná k oddělení materiálu. Závisí na velikosti stříhané plochy, pevnosti materiálu, tloušťce plechu a na stavu střížných hran (na jejich opotřebení).

$$F_s = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m \quad [\text{N}] \quad (37)$$

kde : n – koeficient zahrnující opotřebení nástroje [-]
 S – plocha stříhu [mm^2]
 τ_s – střížný odpor ($\tau_s = 0,8 \cdot R_m$) [MPa]
 l – délka stříhu (obvod všech stříhaných částí) [mm]
 t – tloušťka stříhaného materiálu [mm]
 R_m – mez pevnosti v tahu [MPa]

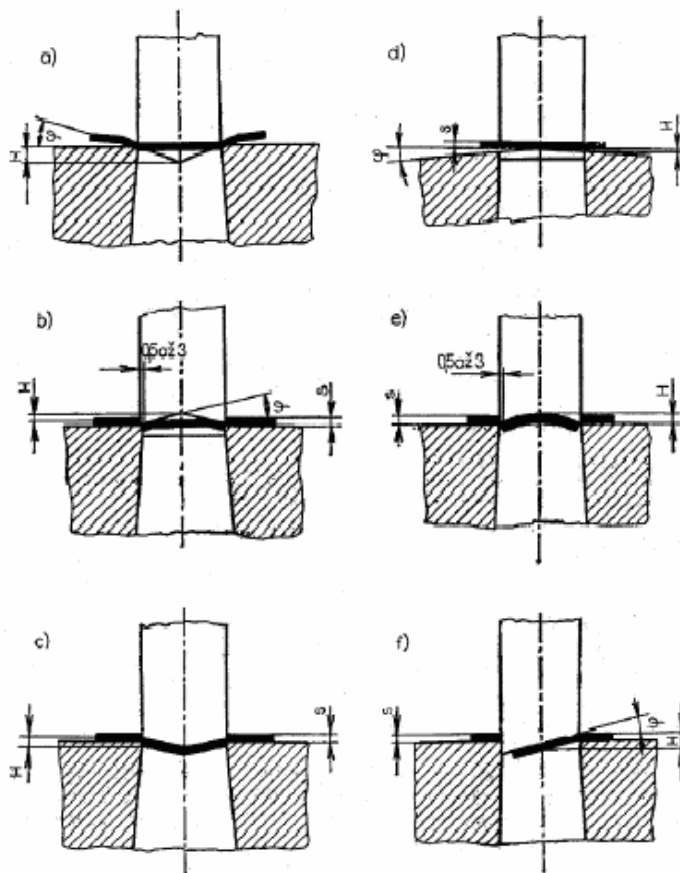
Střížná síla se dá i snižovat různými způsoby. Jeden z nejúčinnějších je způsob tzv. zkosení střížných hran. Upravuje se čelo střížníku, nebo čelní plocha střížnice. Zkosení se obvykle provádí při děrování na střížníku, při vystříhování na střížnici tak, aby se výrobek nedeformoval. Možné provedení střížných nástrojů je na obr. 17. Snižování střížné síly v závislosti na výšce H je znázorněno na obr. 16.



Obr. 16 Závislost střížné síly na úpravě střížníku [5]

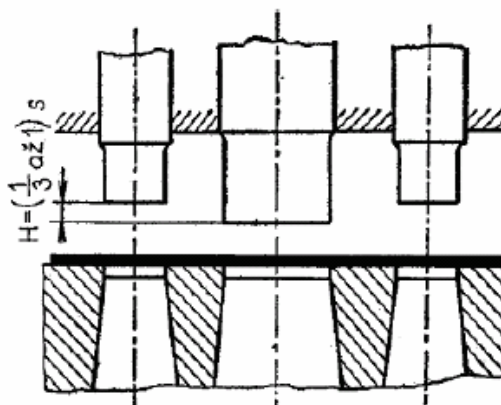
Úhel zkosení pro plech o tloušťce $t < 3 \text{ mm}$ je $\varphi = 5^\circ$

Úhel zkosení pro plech o tloušťce $t > 3 \text{ mm}$ je $\varphi = 5 \div 8^\circ$

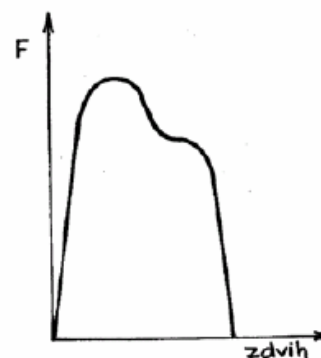


a), b) při vystřihování; c), d), e) při děrování; f) při nastřihování
Obr. 17 Úprava střížných nástrojů [5]

Při vystřihování či děrování více otvorů nebo součástí na jeden zdvih lisu, se nástroje mohou odstupňovat (obr. 18.). Zde se preferuje, že střížníky většího průměru stříhají dříve než střížníky menší - pak nastává pokles střížné síly (obr. 19.). V opačném případě vlivem radiálního napětí dochází při prvotním stříhání větším střížníkem k bočnímu namáhání menších střížníků a tím k jejich lámání.



Obr. 18 Odstupňování náběhu střížníků do stříhu [5]



Obr. 19 Průběh střížné síly při odstupňovaných střížnících dle obr. 18 [10]

2.2.2 Střížná práce

Střížná práce je dána plochou pod grafickým průběhem střížné síly. Proto střížná práce závisí na velikosti střížné síly a hloubce vniknutí střížné hrany do děleného materiálu.

$$A_S = k \cdot F_S \cdot t \cdot 10^{-3} \quad [\text{J}] \quad (38)$$

kde : k – koeficient, závislý na druhu a tloušťce materiálu [-]

F_S – střížná síla [N]

t – tloušťka stříhaného materiálu [mm]

2.2.3 Stírací a protlačovací síla

Stírací síla F_U je síla potřebná k setření vystříhovaného materiálu ze střížníku. Naopak protlačovací síla F_V je síla potřebná k vysunutí výstřížku ze střížnice. Tyto síly jsou závislé na střížné vůli, tvaru materiálu výstřížku a mazání.

Nejčastěji používané vztahy k určení stírací a protlačovací síly jsou:

$$F_U = k_{eu} \cdot F_S \quad [\text{N}] \quad (39)$$

$$F_V = k_{ev} \cdot F_S \cdot n_V \quad [\text{N}] \quad (40)$$

kde : k_{eu} , k_{ev} – koeficient, který se volí dle tab. 3. [-]

F_S – střížná síla [N]

n_V – počet výstřížků v neodlehčené části stříhadla [ks]

Tab. 3 Hodnoty koeficientů k_{eu} , k_{ev}

Materiál	Koeficient	
	k_{eu}	k_{ev}
Ocel	0,1 ÷ 0,13	0,05
Mosaz	0,06 ÷ 0,07	0,04
Slitiny Al	0,09	0,02 ÷ 0,04

2.2.4 Střížná mezera a vůle

Střížná mezera (z) mezi noži má velký vliv na kvalitu střížného procesu, střížné plochy, velikost střížné síly a trvanlivost nástroje. Velikost střížné mezery je závislá na mechanických hodnotách stříhaného materiálu a na jeho tloušťce. Obecně platí, že střížná vůle je 5 – 10 % tloušťky stříhaného materiálu.

Střížná vůle (v) představuje rozměrový rozdíl mezi střížníkem a střížnicí. Správně zvolená velikost střížné vůle zaručuje, že trhliny, které při stříhání vznikají, se setkají po nejkratší možné dráze (viz obr. 20).

Optimální vůle je taková, při které se dosáhne kvalitní střížné plochy při nejmenší střížné síle. Čím tlustší a měkčí materiály se stříhají, tím menší vůle se volí, protože mají větší tažnost.

Výpočet střížné mezery :

- pro plechy $t \leq 3 \text{ mm}$

$$z = c.t.0,32.\sqrt{\tau_s} \quad [\text{ mm }] \quad (41)$$

- pro plechy $t \geq 3 \text{ mm}$

$$z = (1,5.c.t. - 0,015).0,32.\sqrt{\tau_s} \quad [\text{ mm }] \quad (42)$$

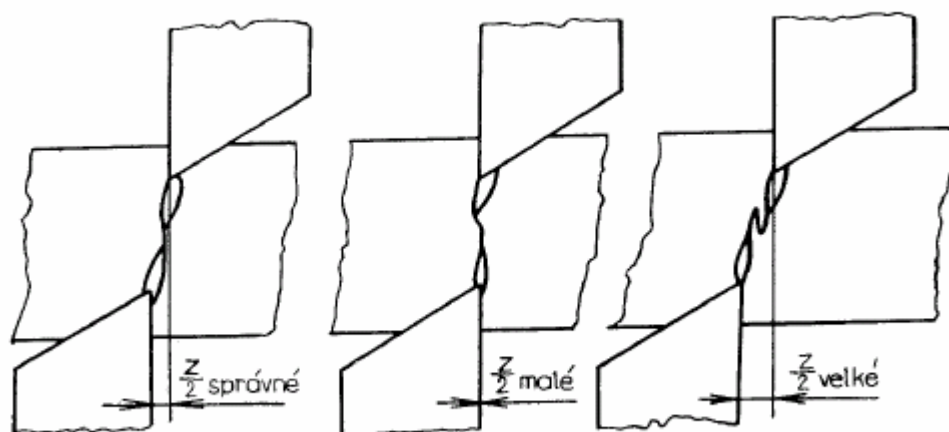
kde : c – koeficient, nižší hodnoty se volí, pokud chceme lepší střížnou plochu [-]

t – tloušťka materiálu [mm]

τ_s – střížný odpor [MPa]

Výpočet střížné vůle :

$$v = 2 . z \quad [\text{ mm }] \quad (43)$$



Obr. 20 Vliv střížné vůle na kvalitu střížné plochy [5]

V praxi se využívá ke zjištění střížné vůle normativ, ve kterém jsou uvedeny hodnoty střížných vůlí pro určitý druh a tloušťku stříhaného materiálu.

2.2.5 Střížný odpor

Střížný odpor je definován jako odpor, který materiál klade při stříhání proti vniknutí střížných hran. Střížný odpor závisí na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu, tloušťce stříhaného materiálu a stavu střížných hran nástroje. S rostoucí pevností a klesající tvárností, střížný odpor roste. Nejmenšího střížného odporu se dosáhne při optimální střížné vůli, proto velký vliv má i střížná vůle. Velikost střížného odporu ovlivňují i střížné podmínky, jsou to například : velikost tření, chlazení, rychlost stříhání, mazání atd.

2.3 Střížný nástroj (stříhadlo)

Střížný nástroj se skládá z pohyblivé části – upnuté pomocí stopky k beranu lisu a z pevné části upnuté na stole lisu. Stříhání ve stříhadlech je nejvíce používaný způsob výroby součástí z plechu.

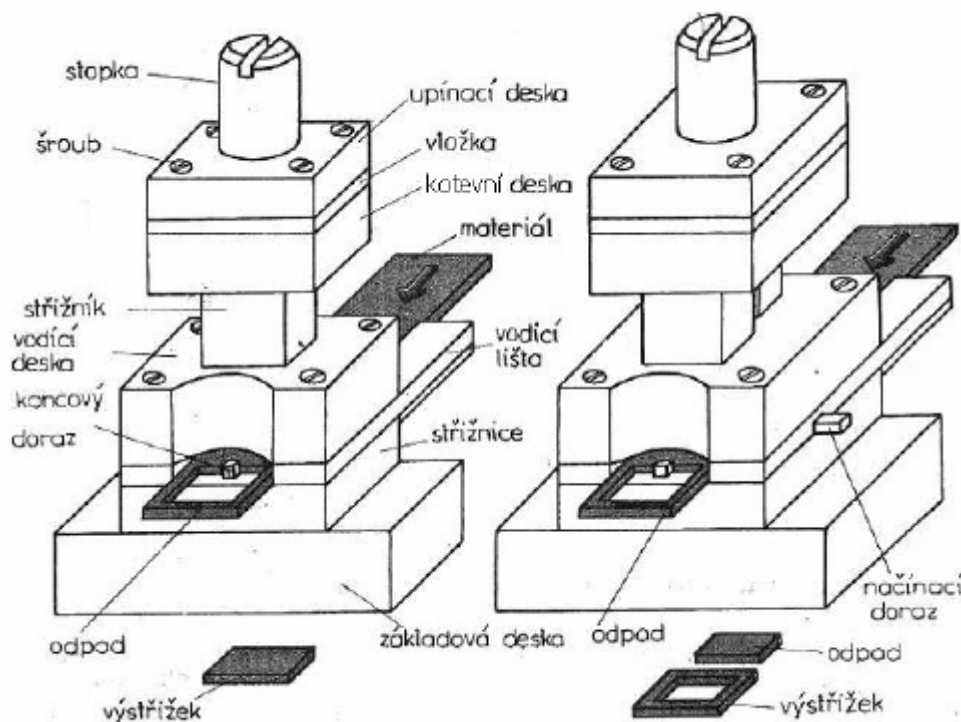
Úkolem stříhadla je :

- spojit střížník s beranem lisu
- spojit střížnici se stolem lisu
- zajistit vedení obou částí vůči sobě
- zajistit vedení materiálu v nástroji a jeho posuv o krok výstřižku

Stříhadla dělíme na :

- jednoduchá
 - provádí se jedna operace na jednom výstřižku na jeden zdvih. Zde se provádí vystřihování jednoduchých tvarů. Pás plechu je kvůli svoji poloze zajištěn pomocí pevného a koncového dorazu (příklad jednoduchého stříhadla je uveden na obr. 21).
- postupová
 - umožňují provedení několika operací na více zdvihů, mezi nimiž se výstřížek podává na různá pracovní místa nástroje. Z poslední operace vychází při každém zdvihu hotový výrobek. Při vložení nového pásu plechu do nástroje se použije pro vymezení jeho polohy tzv. načínací dorazy. V dalším průběhu operace je poloha pásu zajištěna pevným koncovým dorazem (příklad postupového stříhadla je uveden na obr. 21).
- vícenásobná
 - umožňují provést větší počet stejných výstřížků na jeden zdvih
- sloučená
 - umožňují vyrábět na jeden zdvih dvě nebo více rozdílných součástí nebo při jednom pracovním zdvihu nástroje je ve stejné poloze pásu plechu děrován a vystřihován hotový výstřížek.

- sdužená
- umožňují na jeden zdvih provést na výstřižku různé operace, např. stříhání + tažení, ohýbání.



Obr. 21 Jednoduché stříhadlo, postupové stříhadlo [8]

Funkční části stříhadel jsou podle obr. 21 tvořeny následujícími díly:

a.) Střížnice

S ohledem na konstrukci stříhadla, tvar, rozměry a výrobní možnosti dělíme střížnice na celistvé, skládané a vložkované.

Střížnice je upevněna na základové desce. Materiálem pro střížnice bývá nejčastěji nástrojová ocel (19 436, 19 312, 19 191) zušlechtěná na 60 ÷ 62 HRC.

➤ Celistvé střížnice

Používají se pro vystřihování jednoduchých tvarů, menších rozměrů a jsou zhotoveny z jednoho kusu nástrojové oceli.

➤ Skládané střížnice

Jejich výroba je snadnější, protože se skládají z několika menších dílců. Při tepelném zpracování dochází pouze k malým deformacím, které lze odstranit broušením. Vyšší náklady na zhotovení jsou vyváženy vyšší životností střížnice, menší zmetkovostí při výrobě a levnější údržbou. Jsou vhodné pro použití v sériové a hromadné výrobě. Části dělených střížnic jsou

zalisovány do měkké, nekalené ocelové desky. Větší části bývají většinou přišroubovány nebo zajištěny kolíky.

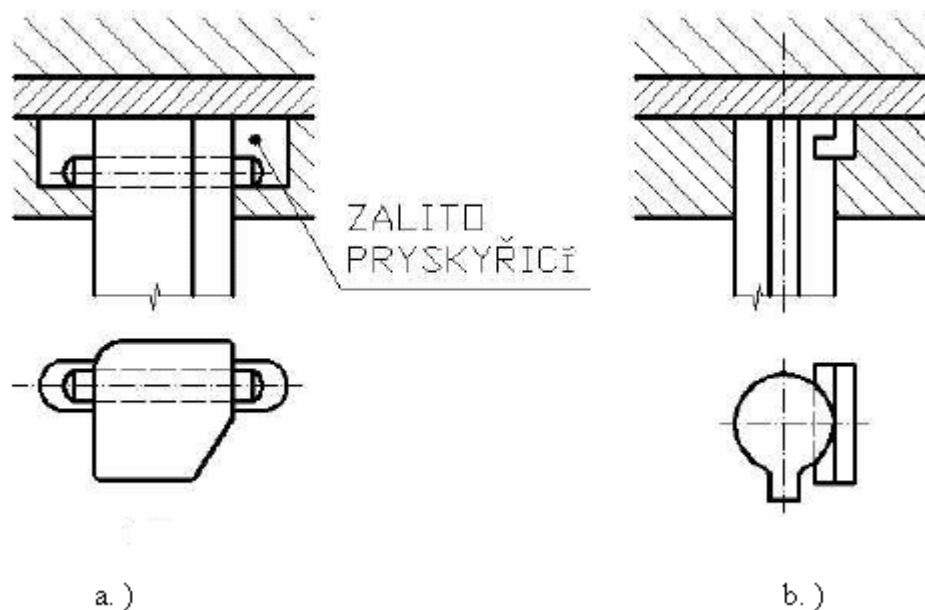
➤ Vložkované střížnice

Výhodou těchto střížnic je možnost použití vložek pro rozměrnější a složitější nástroje, tím se ušetří nástrojová ocel. Používají se v sériové a hromadné výrobě. Vložky zvyšují životnost nástroje, lze je snadno vyměnit, odstraňují nebezpečí vzniku trhlin a deformací po kalení.

b.) Střížníky

Základní rozdělení střížníků je podle jejich průřezů (kruhové, obdélníkové, tvarové atd.) a podle způsobu upínání (v upínacím držáku, upínací hlavici, osazením, roznýtováním, zalitím atd.).

Střížníky, dělené podle průřezů mají břity v rovině kolmé k ose střížníku. Vyznačují se dobrými střížnými vlastnostmi. Malé střížníky jsou vyrobeny z jednoho kusu materiálu, na druhou stranu u větších střížníků je možné vyrobít nosnou část z konstrukční oceli a funkční část z nástrojové oceli. Obě části se spojují pomocí šroubů. U kruhových střížníků není nutné zajištění obou částí, naopak u tvarových střížníků je zajištění nutností. Zajištění se provádí neotočnou středící plochou (čtverec, obdélník), pomocí kolíků, zámků, per atd. U tvarových nedělených střížníků je možno provést zajištění celého střížníku, např. použití kolíku, který zachycuje i stírací sílu. Lze použít i kalené vložky.

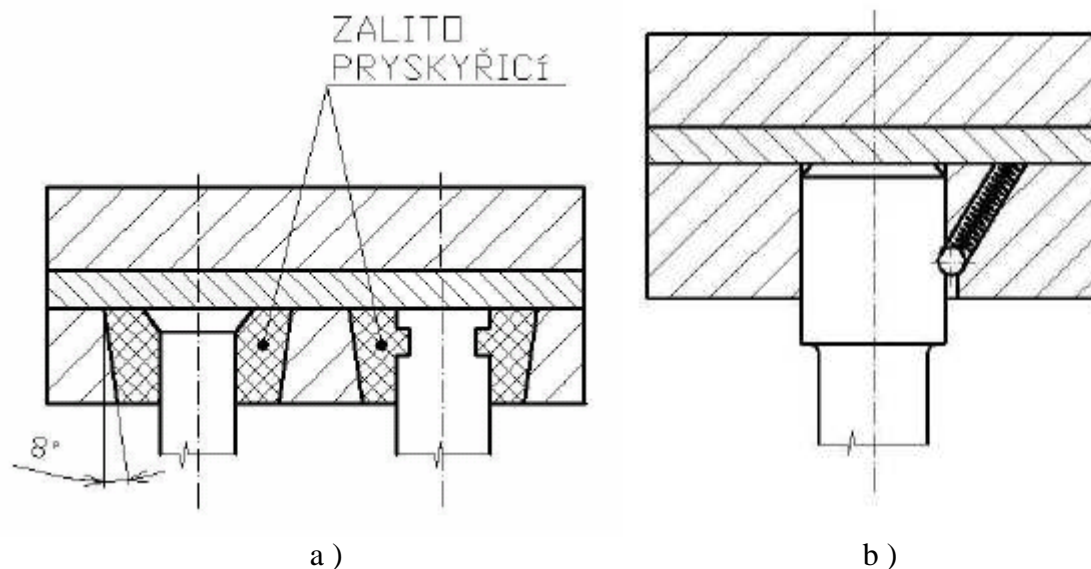


a.) pomocí kolíku

b.) pomocí kalené vložky

Obr. 22 Zajištění střížníků proti otočení [11]

Nejjednodušší způsob upínání střížníků je roznýtováním jejich horní části nebo osazením. Velké střížníky je možno upnout pouze za přírubu. Lze je také uchytit v kotevní desce pomocí zalitím pryskyřice. Pro prostřihování malých otvorů se používá výměnných střížníků, které jsou vsazeny do pouzdra bez vůle. Takto lze řešit i střížníky, které nevyhovují na vzpěr. Pokud potřebujeme často nebo rychle měnit střížníky, používáme rychloupínací střížník, zajištěný kuličkou.



a) pomocí pryskyřice, b) pomocí zajišťovací kuličky
Obr. 23 Upínání střížníků [11]

c.) Vodící stojánky

Vodící stojánky jsou normalizované. Základní deska vodícího stojánu nahrazuje základovou desku střížné skříně a střížnice se na ni upevňuje pomocí šroubů nebo kolíků. Vedení se používá buď kluzné, valivé nebo válečkové.

Kluzné vedení má velkou vodící plochu. Používá se, kde je počet zdvihů menší než 250 min^{-1} . Pouzdro je zhotoveno z litiny nebo oceli.

Kuličkové vedení se používá tam, kde nestačí kluzné vedení, např. u rychloběžných lisů, které mají velký zdvih a u nichž je požadována vysoká přesnost. Kuličky jsou uspořádány ve šroubovici a každá kulička má svoji dráhu. Výhodou tohoto vedení je lehkost a přesnost chodu, žádná údržba, lehká manipulace. Nevýhodou je, že při středním a velkém zatížení se musí volit počet kuliček, což je ekonomicky nevýhodné.

Válečkové vedení je nepřesnější. Dochází zde k přímému styku válečku s oběžnou dráhou příčně ve směru pohybu. Je výrobně náročnější, protože odvalovací plochy musí být dokonale paralelní. Výhodou je dlouhá životnost, vysoká přesnost chodu a malé tření. Nevýhodou je vysoká cena.

d.) Stopky

Horní část lisovacího nástroje se upevňuje k beranu lisu upínacími stopkami pevně nebo rozebíratelně spojeným s upínací deskou hlavice nebo deskou vodícího stojánu. Pro lisování nástroje používá některého z osmi provedení stopek podle normy ČSN 22 6264.

e.) Dorazy

Správně konstruovaný a vhodně volený doraz ovlivňuje příznivě plynulý a hladký chod nástroje i jeho životnost.

Podle konstrukčního hlediska se dorazy dělí na :

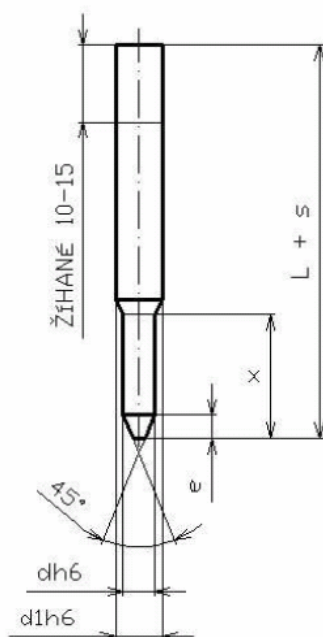
- a) pevné dorazy
- b) zpětné dorazy
- c) načínací dorazy
- d) dorazy pro lisování bez odpadu
- e) dorazy s rozstřihováním přepážky odpadu
- f) odstřihovací dorazy
- g) výškové dorazy

Funkce dorazu a zásady pro konstrukci :

- doraz musí zastavit a ve správné poloze zajistit posouvání pás před dosednutím střížníků na pás
- doraz nesmí překážet v posuvu materiálu ve vedení nástroje
- doraz musí zaručit nejmenší spotřebu materiálu a nejmenší procento zmetků
- konstrukce dorazu musí být provedena s náležitou bezpečností, aby se doraz neulomil působením setrvačné síly při posouvání hlavně tlustých plechů
- dorazy je nutno umístit v místě, kde je přepážka mezi výstřižky nebo část plechu, na kterou se doráží
- příslušenství dorazu nesmí tvořit na vnější straně nástroje volně přístupná a nebezpečná střížná nebo tlačná místa, v nichž by při posuvu nebo přidržování materiálu mohlo dojít k úrazu

f.) Hledáčky

Hledáčky jsou pomocné polohovací elementy nástrojů, které bezprostředně před lisovací operací upřesní polohu výstřižku a tuto polohu udržují během lisovací operace. Hledáčky opraví úchytky a zabezpečí správnou vzájemnou polohu se zřetelem na předcházející a následující krok. Hledáčky s kuželovitou částí a pak válcovitou částí se zasouvají do otvorů předem předstřižených a bočním tlakem posunou materiál do požadované polohy. Středit je nutno ještě před dosednutím střížníků na pás. Podle funkce otvorů používaných pro hledáčky je středění přímé a nepřímé.



Obr. 24 Tvar hledáčku [11]

Přímé středění - hledáčky zapadají do předstřížených otvorů. Pro daný výlisek jsou tyto otvory funkční. Používají se tam, kde není nebezpečí, že se zasunutím hledáček poškodí otvory výlisků.

Nepřímé středění – se používá u výlisků, které mají otvory příliš malé, blízko sebe, tam kde by mohlo dojít k deformaci výlisku nebo tam, kde otvory nejsou vůbec. Středící otvory pro hledáčky jsou vystříženy mimo výlisek v odpadové části materiálu. Lze použít hledáček větších rozměrů. Výška válcové části náběhu se volí obvykle 0,75 tloušťky stříhaného materiálu, nejméně však 1,5 mm. Délky hledáček odpovídají délkám střížníků, zvětšeným o tloušťku materiálu.

g.) Základová deska

Základová deska slouží k upevnění nástroje na sůl lisu. Je proto vždy rozměrově větší než střížná deska, minimálně jednostranně o 25 mm pro upnutí upínkami. Materiálem je nejčastěji ocel 10 370, 11 523, 11 500 a pro větší nástroje šedá litina 42 2425. Základová deska obsahuje otvory pro odpad výlisků nebo je opatřena pro transport výlisků nebo odpadů mimo prostor nástroje.

h.) Upínací deska

Upínací deska bývá vyrobena nejčastěji z ocelového plechu 10 373, 11 500, 11 523 o tloušťce 23 - 50 mm nebo ze šedé litiny.

Zásadně plní v nástroji dvě funkce:

- a) zajišťuje spojení a upevnění nástroje na beran lisu
- b) v nástroji slouží k podepření jednotlivých střížníků a dokonalému spojení s kotevní deskou a vložkou a upevnění vedení

i.) Opěrná deska

Slouží k podepření střížníku, aby nedocházelo k jejich zamačkávání do upínací desky. Vyrábí se z oceli 12 050, 11 700, pro větší namáhání 19 083.3. Tloušťka je většinou 4 mm. Je tepelně zpracována zušlechtěním na tvrdost 59 HRC.

j.) Kotevní deska

Kotevní deska slouží k ukotvení střížníků. Má rozměry stejné jako upínací deska. Je vyrobena nejčastěji z oceli 11 500. Tloušťka bývá v rozmezí 10 - 32 mm.

k.) Vodící deska

Slouží k vedení střížníků a pro stírání materiálu při zpětném zdvihu nástroje. Vyrábí se z oceli 11 500 v tloušťce 18 až 32 mm.

1.) Vodící lišty

Slouží k vedení pásu plechu nebo svitku v pracovním prostoru nástroje. Slouží také k vytvoření bezpečného prostoru pro manipulaci s materiálem mezi vodící deskou a střížnicí. Vodící lišty musí být stejně vysoké. Výška lišt se doporučuje volit v rozmezí $5 \div 8$ mm. Pro snadnější a přesnější zavedení materiálu do nástroje se vodící lišty prodlužují na zaváděcí straně nástroje přibližně o 80 mm a podkládají se podpěrným plechem. Vzdálenost vodících lišt musí být volena tak, aby materiál mezi nimi volně procházel. Určíme ji ze vztahu:

$$a = m_p + p + v_L + h_L \quad [\text{ mm }] \quad (44)$$

kde : m_p - jmenovitá šířka pásu [mm]

p - tolerance pásu [mm]

v_L - vůle mezi pásem a lištami [mm]

h_L - tolerance vzdálenosti lišt [mm]

2.4 Nástřihový plán

Nástřihové plány vyjadřují způsob stříhání výstřižků z tabule nebo pásu polotovaru a určují počet výstřižků, jejich rozměrové a hmotnostní údaje. Zhotovují se pro každý výrobek nebo jejich součásti a při technologickém výpočtu je vždy současně stanoveno i procentuální využití materiálu.

2.5 Pevnostní výpočet funkčních částí střížných nástrojů

2.5.1 Pevnostní výpočet střížníků

Střížníky je nutno počítat : a) na namáhání tlakem
b) na vzpěr

a.) kontrola střížníků na namáhání tlakem

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S} \leq \sigma_{dov} \quad [\text{ MPa }] \quad (45)$$

kde : F_s – střížná síla [N]

S – plocha průřezu střížníku [mm²]

σ_{dov} – dovolené namáhání materiálu střížníku na tlak [MPa]

σ_s – namáhání střížníku tlakem [MPa]

Pro nástrojové materiály je $\sigma_{dov} = 1600 \div 2000$ MPa. Je – li $\sigma_s \geq 180$ MPa pro ocel, je nutno použít v upínací hlavici opěrnou kalenou desku.

b.) kontrola střížníku na vzpěr – provádí se pokud je střížník delší a úzký, nebo tenký

$$F_s = \frac{\pi^2 \cdot E_p \cdot J_y}{l^2} \quad [\text{N}] \quad (46)$$

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E_p \cdot J_y}{n_k \cdot d \cdot t \cdot \tau_s}} \quad [\text{mm}] \quad (47)$$

kde : E_p – modul pružnosti v tahu – $E_p = 2,1 \cdot 10^5$ [MPa]

n_k – koeficient bezpečnosti – $n = 1,5 \div 2$ [-]

d – průměr střížníku [mm]

t – tloušťka stříhaného materiálu [mm]

J_y – moment setrvačnosti průřezu [mm⁴]

l – délka střížníku [mm]

Hodnoty J_y jsou používány pro:

- plný kruhový průřez $J_y = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$
- čtvercový průřez $J_y = \frac{a^4}{12}$
- obdélníkový průřez $J_y = \frac{b \cdot a^3}{12}$

2.5.2 Pevnostní výpočet střížnice

Při výpočtu celistvých střížnic je možno střížnice považovat za rovinné desky namáhané ohybem, při čemž se předpokládá, že tlak je rovnoměrně rozložen po střížném obvodu.

Výpočet ohybového napětí

$$H_{min} = \sqrt{\frac{2,5 \cdot F_s}{\sigma_o}} \quad [\text{mm}] \quad (48)$$

kde : F_s – střížná síla [N]

σ_o – namáhání v ohybu [MPa]

2.5.3 Určení těžiště střížných sil

Pro správnou funkci lisovacího nástroje musí být nástroj dobře vyvážen. To znamená, že výslednice sil od všech střížníků musí působit v ose beranu. Stopka je proto umístěna v této výslednici. Protože stopka je upínací a zároveň i středícím elementem, vznikl by při jejím nevhodném umístění moment na beranu lisu, který by namáhal vedení beranu a současně negativně ovlivňoval funkci nástroje.

Umístění stopky lze zjistit graficky nebo početně tak, že se najde výslednice sil od všech střížníků v obou směrech a do průsečíku obou výslednic se stopka umístí. Střížné síly na jednotlivých střížnících jsou úměrné obvodu střížníků.

a) početní řešení

Při výpočtu se vychází z momentové věty. Poloha těžiště výslednice je pak dána těmito vztahy :

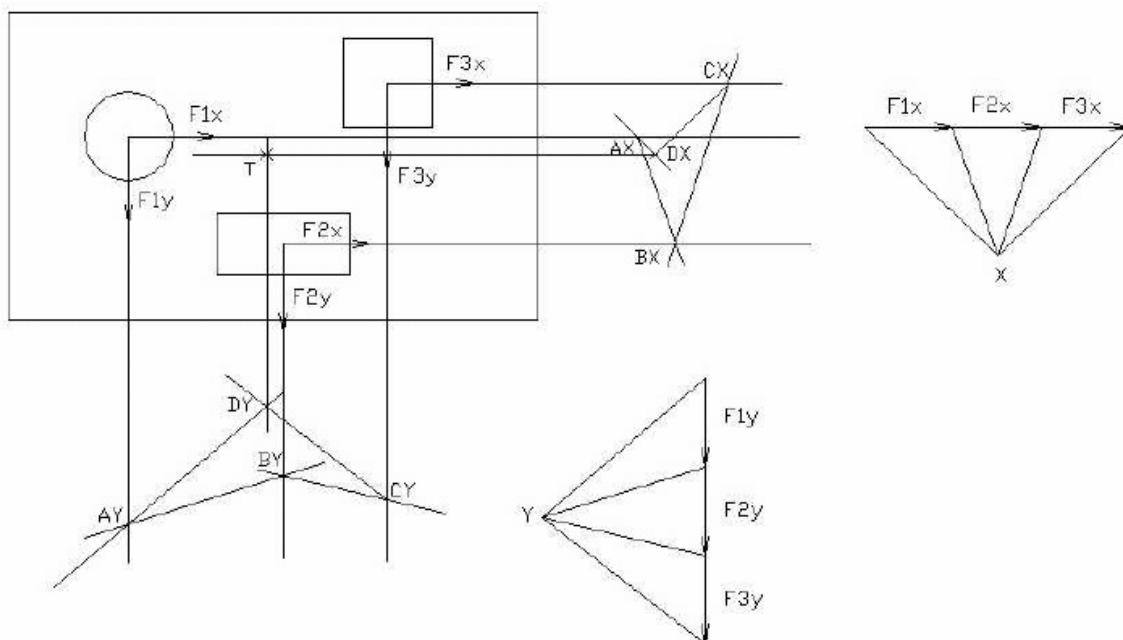
$$x_T = \frac{\sum F_i \cdot x_i}{\sum F_i} \quad [\text{ mm }] \quad (49)$$

$$y_T = \frac{\sum F_i \cdot y_i}{\sum F_i} \quad [\text{ mm }] \quad (50)$$

Kde jednotlivé symboly jsou shodné s grafickým řešením.

b) grafické řešení

Z těžiště tvaru příslušného střížníku se nanese jeho obvod v libovolném měřítku jako úsečka a pomocí pólového obrazce se najde výslednice v obou směrech.



Obr. 25 Grafické určení těžiště stopky

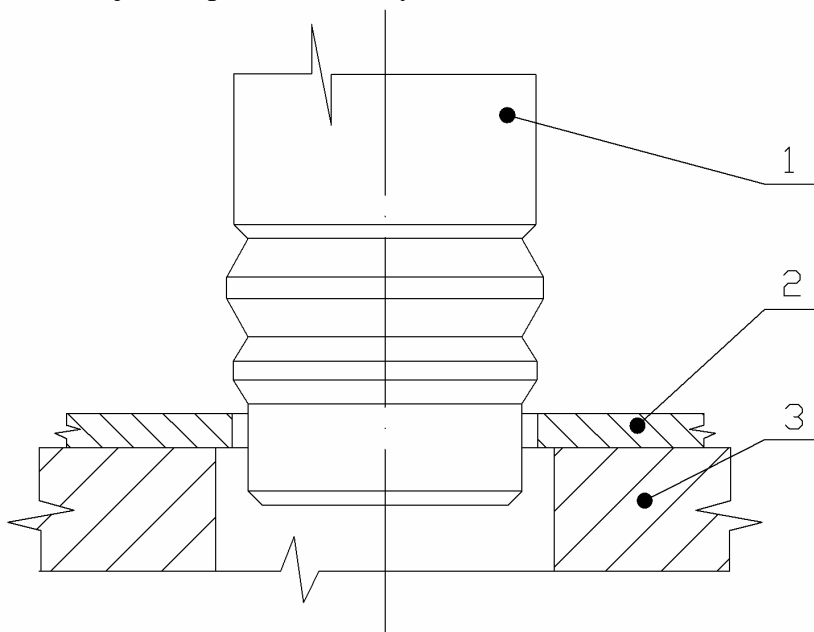
3. KALIBROVÁNÍ [1], [8]

Kalibrování jako výrobní operace je ve strojírenské technologii používána například k realizaci, co nejpřesnějších otvorů, stabilizaci ohýbaných profilů nebo tažných prostorových těles.

Principem kalibrování kulového profilu (otvoru) je protlačení výstřižku přes střižnici, která má zaoblené hrany ($R\ 0,5 \div 1,5\text{ mm}$) podle tloušťky plechu. Kalibrováním je možné dosáhnout poměrně kvalitních výstřižků s přesnými rozměry. Kalibrování se provádí buď na vnějším obrysu výstřižku nebo v otvoru.

Během kalibrování je důležité brát v potaz také odpružení materiálu. Kalibrování otvorů se provádí pomocí kalibrovacích trnů. Kalibrovací trn má zaváděcí a výstupní část zkosenou pod úhlem 5° . Kalibrovacích plošek může být jedna nebo několik o šířce $1 \div 3\text{ mm}$.

V porovnání s jinou technologií a tj. s přístřihováním, je kalibrování méně přesné vlivem odpružení po kalibraci. Po kalibrování dochází ke zpevnění povrchu kalibrované plochy a okraje otvorů jsou nepatrně rozšířeny.



Obr. 26 Kalibrování otvoru [1]
1 – střižník, 2 – polotovaz z plechu, 3 – střižnice

Další způsoby kalibrování tvaru jsou využívány například u kalibrace ohýbaných profilů atd.

Ohýbání s kalibrováním

Při ohýbání s kalibrováním závisí odpružení také na stupni zpevnění kovu při kalibrování. V takovém případě lze v jednom ohýbacím nástroji dosáhnout v závislosti na hodnotách poloměru ohybu / tloušťce ohýbaného materiálu, délce ohnuté části / tloušťce ohýbaného materiálu a úhlu ohybu odpružení kladné, nulové nebo dokonce záporné, kdy je výsledný úhel ohybu menší než úhel požadovaný. Při kalibrování a ražení úhlu nastává dvojí odpružení opačného smyslu a to : odpružení v zaoblené části výlisku kladné a odpružení rovných úseků, které se při ohýbání kalibrují mezi funkčními částmi nástroje, záporné.

4. HODNOCENÍ ZATÍŽENÍ LOŽISEK

Minimální zatížení

Na ložiska musí za provozu působit určité minimální zatížení, aby byl zajištěn jejich uspokojivý provoz. Totéž platí i pro axiální soudečková ložiska, a to především pro provoz při vyšší prvcenci otáčení. Setrvačné síly soudečků a klece i tření v mazivu mohou mít negativní vliv na odvalování a mohou způsobit poškození oběžných drah kroužků a soudečků prokluzováním.

Požadované minimální zatížení lze v takových případech odhadnout ze vztahu :

$$F_{am} = 1,8 \cdot F_r + M \cdot \left(\frac{n}{1000} \right) \quad [\text{N}] \quad (51)$$

kde : F_{am} – minimální axiální zatížení [N]

F_r – radiální složka působícího kombinovaného zatížení [N]

M – součinitel minimálního zatížení [-] (viz. příloha 1)

n – frekvence otáčení [min^{-1}]

C_{oa} – základní statická únosnost [N]

Jestliže $1,8 \cdot F_r < 0,0005 \cdot C_{oa}$ je třeba dosadit do výše uvedeného vztahu $0,0005 \cdot C_{oa}$ místo $1,8 \cdot F_r$

Hmotnost součástí přenášená ložiskem spolu s vnějšími působícími silami často překročí požadované minimální zatížení. Pokud tomu tak není, musí být ložisko zatíženo přídatnou silou, například pružinami.

Ekvivalentní dynamické zatížení

Axiální soudečková ložiska mohou přenášet i určité radiální zatížení, ale jenom při současně působícím axiálním zatížení. Za předpokladu, že $F_r \leq 0,55 \cdot F_a$, platí :

$$P_{ea} = F_a + 1,2 \cdot F_r \quad [\text{N}] \quad (52)$$

kde : P_{ea} – ekvivalentní dynamické zatížení [N]

F_a – axiální zatížení [N]

F_r – radiální zatížení [N]

Jestliže je uložení uspořádáno tak, že axiální i radiální házení může být vyrovnáno relativními pohyby mezi kroužky, a za předpokladu, že :

$$F_r \leq 0,55 \cdot F_a \quad \text{potom } P_{ea} = 0,88 \cdot (F_a + 1,2 \cdot F_r) \quad (53)$$

Ekvivalentní statické zatížení

Pro axiální soudečková ložiska platí za předpokladu, že $F_r \leq 0,55 \cdot F_a$:

$$P_{oae} = F_a + 2,7 \cdot F_r \quad [\text{N}] \quad (54)$$

II.) POPIS SOUČASNÉHO STAVU A ZHODNOCENÍ MOŽNOSTI NÁHRADY KLECÍ

SOUČASNÝ STAV VÝROBY AXIÁLNÍCH LOŽISKOVÝCH KLECÍ

Klece mají velký vliv na vhodnost valivých ložisek pro určitý způsob použití. Jejím hlavním účelem je :

- udržet valivá tělesa ve správné vzdálenosti mezi sebou, zabránit vzájemnému dotyku sousedních valivých těles a tím omezit tření, a tedy i vývin tepla
- udržet valivá tělesa rovnoměrně rozdělená po celém obvodu a zajistit rovnoměrné rozložení, jakož i tichý a klidný chod
- vést valivá tělesa v nezátížené oblasti, zlepšit podmínky odvalování v ložisku a zabránit škodlivému prokluzování
- bránit vypadnutí valivých těles z rozebíratelných ložisek, u nichž je jeden kroužek oddělen při montáži nebo demontáži

Klece valivých ložisek jsou mechanicky namáhány třecími, tahovými a setrvačnými silami. Dále na ně mohou působit určitá maziva, organická rozpouštědla a chladiva. Z tohoto důvodu má konstrukce a volba materiálu klece zásadní vliv na funkci klece i provozní spolehlivost celého ložiska. Proto se vyrábějí po jednotlivé typy ložisek různé druhy a konstrukce klecí z různých materiálů.

Postup výroby axiálních ložiskových klecí se podstatně liší typem provedení klece. Proto rozlišujeme dva způsoby výroby :

- A) klece lisované z ocelového plechu
- B) klece z masivní mosazi

A) KLECE LISOVANÉ Z OCELOVÉHO PLECHU

Jsou poněkud odlišné od konstrukce pro radiální soudečkové ložisko (v ložisku jsou dvě klece pro dvě řady soudečků), na tož pro axiální soudečkové ložisko je jenom jedna klec.

Zde klec slouží i k vytvoření jednoho celku s hřídelovým kroužkem a soudečky. Z funkčního hlediska umožňuje přístup maziva k čelům soudečku a opěrnému čelu hřídelového kroužku za provozu. Z výrobního hlediska je velmi náročná na tvar okna klece. Toto může být rovné nebo zaoblené.

Základním výchozím materiálem pro tento typ klece je plech a základní technologií je plošné tváření.

Základní nároky na klece jsou zejména :

- požadavky na vyšší přesnost, zvláště vodících částí plechových klecí
- dodržení geometrického tvaru
- lepší vedení soudečků v ložisku

Tyto skutečnosti pak mají podstatný vliv na :

- životnost ložisek
- základní dynamickou únosnost
- hlučnost ložisek

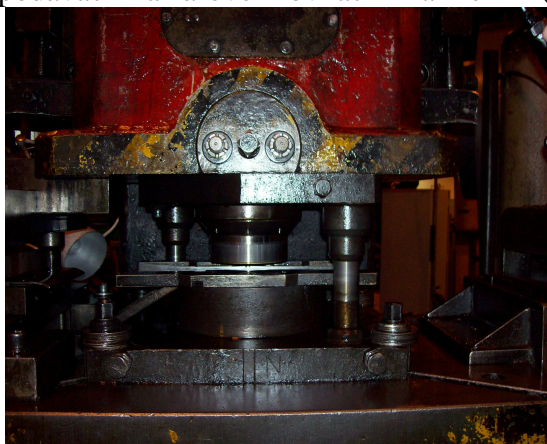
Rozhodujícím faktorem pro kvalitu plechové klece u axiálních soudečkových ložisek jsou operace děrování a srážení hran okének. Přesnost provedení těchto operací má vliv na dodržení rozměrů přepážek mezi okénky, na maximální využití prostoru pro umístění, co největšího počtu soudečků, jejich rozměry a tím dosažení takové vnitřní konstrukce ložiska, která zaručuje vysokou užitnou hodnotu výrobku, tj. základní dynamickou a statickou únosnost, mezní frekvenci otáčení atd.

Výroba lisovaných klecí z ocelového plechu

Materiál

Při výrobě lisovaných klecí z ocelového plechu se používá pás plechu z oceli 11 300.

Výroba lisovaných klecí z ocelového plechu vypadá následovně. V prvním kroku nebo – li operaci se dopraví plechová tabule. Plechová tabule dále se přesune k tabulovým nůžkám, kde je dělena na pruhy. Další krok se děje na klikovém vertikálním lisovacím stroji LE 160 (viz obr. 27), kde pás plechu je uložen v zásobníku a ten je postupně transportován podávacím a zároveň rovnacím zařízením (viz. obr. 28) do lisovacího nástroje.



Obr. 27 Vertikální lisovací stroj LE 160



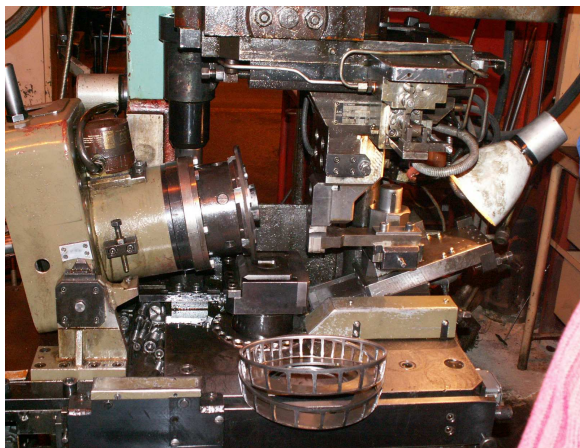
Obr. 28 Podávací a rovnací zařízení

Zde dochází ke stříhání rondelu, lisování kalíšku a prostřihování technologického dna se dvěma otvory. Výsledný výlisek, který byl vyroben na klikovém vertikálním lisu LE 160 je znázorněn na obr. 29.

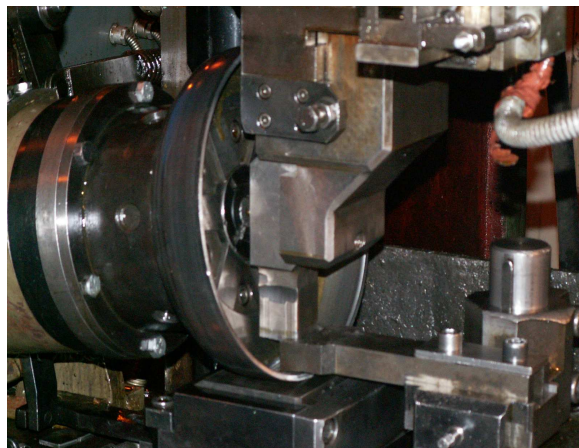


Obr. 29 Výlisek s prostřihnutým technologickým dnem

Dále se výlisek dopraví na děličku LENP 63 (viz. obr. 30), která je součástí vertikálního klikového lisu. Kalíšek nebo – li výlisek se upne pomocí upínače za technologické dno. Dalším krokem je přisunutí speciálního střížného nástroje, pomocí něhož se děje děrování okének, kde během jedné otáčky kalíšku dochází k děrování všech okének, toto vše je zobrazeno na obr. 31.



Obr. 30 Dělička LENP 63



Obr. 31 Upnutí kalíšku a počátek děrování

Poznámka k obr. 31 : na snímku je zobrazen upnutý kalíšek a nastavený pro výrobu radiální klece. Daný obrázek jsem uvedl kvůli ukázce, jak se upíná kalíšek. Snímek s upnutým kalíškem pro výrobu axiální klece jsem neuvedl z důvodu toho, že jsem ho ve firmě nepořídil. Ale princip zůstává úplně stejný.

Potom následuje lisování sedel v žebrech okének. Tato operace se opět provádí na vertikálním klikovém lisu (dělička LENP 63) s pomocí dělicího zařízení. Postup je obdobný jako u děrování okének, jen se liší v nástroji pro rozlisování sedel. Výchozí mezivýrobek je ukázán na obr. 32.



Obr. 32 Kalíšek po děrování a lisování sedel

Kalíšek dále už jen klec se dále ještě obrábí na hrotovém soustruhu SN 40B. Kde se soustruží větší čelo. Jedna z posledních důležitých operací je lisování zámků. Operace se provádí na nám už známém vertikálním klikovém lisu LENP 63, kde nástroj pro lisování zámků (viz. obr. 33) provede prolisy po větším čelem po určité rozteči. Poté se klec ještě zpracovává na stříhacím stroji LE 250, kde dochází k ustřižení technologického dna a zároveň ke kalibraci – konečná fáze po obrábění (viz. obr. 34).



Obr. 33 Lis LENP 63 s nástrojem



Obr. 34 Axiální lisovaná klec
z ocelového plechu

Poté se ještě klec začistí v omílacím bubnu (viz. obr. 35), kde náplň tvoří dusičnan sodný - NaNO_3 a drť s přídavkem mýdla. Konečnou fází je pasivování a konzervace.



Obr. 35 Buben s náplní

B) KLECE Z MASIVNÍ MOSAZI

Výroba masivních klecí z Mosazi

Materiál

Při výrobě masivních klecí z mosazi se používá slitina mosazi a hliníku Ms 58 Al.

Výroba masivních klecí z mosazi vychází ze dvou typů polotovarů :

- mosazný výkovek
- mosazná trubka



Obr. 36 Mosazný výkovek

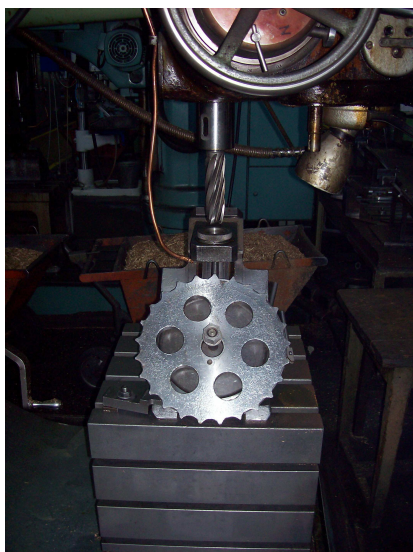


Obr. 37 Mosazná trubka

Postup výroby klece z obou polotovarů je totožný. Oba dva polotovary jsou zpracovány na soustruhu SU 63, kde jsou postupně soustruženy vnější a vnitřní průměry, otvory, kuželové vybrání a prováděny menší operace jako jsou srážení čel a zaoblení hran.

Poté následuje nejdůležitější operace a to je vyvrtání nebo zahloubení kapes. Tato operace se provádí například na stroji VR6 (viz. obr. 38 – kde vidíme přípravek a záhlubník, obr. 39 je pohled z boku), je to buď sloupová vrtačka nebo vyvrtávačka. Obrobek se upne spolu se speciálním přípravkem a následuje zahloubení kapes pomocí záhlubníku.

Poslední operací je broušení, následné očištění a moření.



Obr. 38 Stroj VR6



Obr. 39 Stroj VR6 (pohled z boku)

Ms 58 Al

- jedná se o mosaz určenou pro tváření za tepla. Obsah mědi je 58-60 %, obsah zinku 38-40 % a obsah hliníku 1,5-2%. Hliníkem se mosaz leguje kvůli zvýšení obrobiteľnosti. Tvrdost po tváření za tepla dosahuje 120 HB. Kování se provádí při teplotách 700-750 °C. Třída odpadu je 355. Má velmi dobrou odolnost proti atmosférické korozi, chloridům a přehřáté páře. Obecně se tato mosaz používá na armatury, obráběné součásti s velkou pevností, šroubení, ventilová sedla a kluzné součásti.

ZHODNOCENÍ MOŽNOSTI NÁHRADY MOSAZNÝCH KLECÍ LISOVANÝMI KLECEMI Z PLECHU

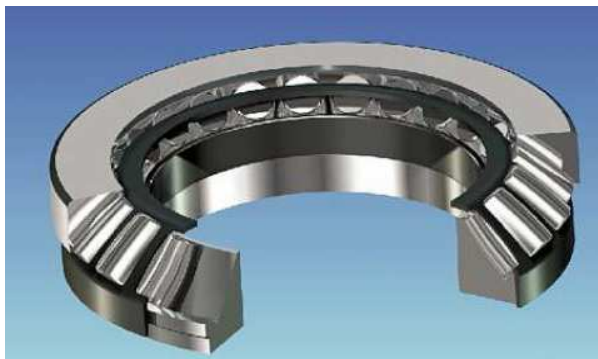
Pro každou kategorii je rozhodujícím faktorem použití klece, buď plechové nebo klece mosazné. Z hlediska životnosti klece a celého ložiska jsou výhodnější klece plechové, které umožní lépe využít vnitřní prostor ložiska a tím umístit větší počet valivých těles o větší stykové ploše. Je to opodstatněno tím, že žebra kapes u mosazných klecí jsou daleko tlustší než žebra u klecí z plechu, z toho vyplývá, že můžeme lépe využít prostor.

Na druhou stranu z hlediska technologičnosti výroby je výhodnější provedení s mosaznou klecí. Rozhodujícím byla technologie výroby plechových klecí s rostoucím rozměrem klece (souběžně roste i tloušťka plechu) se stávala náročnou na výrobu lisovacího náradí a na potřebnou lisovací sílu. Z dalšího pohledu výroby lze také uvádět to, že výroba mosaznou klecí je časově méně náročná a také i ekonomicky úspornější. Ekonomický důvod nespočívá jen v materiálu, ale v náročnosti na stroje, kde jsou potřebné lisovací velkých sil, z důvodu výroby větších klecí, neboť firma ZKL chce držet krok se světovou výrobní špičkou ve výrobě ložisek. Všechny konkurenční firmy typu SNR, FAG, SKF, TIMKEN mají ve výrobním programu ložiska do průměru klece 600 mm.

Z tohoto pohledu lze konstatovat, že u ložisek menších rozměrů převažovaly klece plechové a tomu odpovídající provedení vnitřní konstrukce ložiska. Naopak u rozměrů klecí s průměrem nad 250 mm se uplatňovaly klece mosazné, vyráběné z odlitého polotovaru klasickým třískovým obráběním.

Tento trend byl také navíc podpořen menšími vyráběnými sériemi u větších typorozměrů a poměrně přijatelnou cenou vstupního materiálu, to je mosazi.

Těžištěm úspory výrobních nákladů zůstává provedení klece. Mosazná klec tvoří cca 30 % materiálových nákladů na 1 ložisko, u plechové klece se tyto náklady pohybují kolem 8 %.



Obr. 40. 3D model ložiska v částečném řezu: axiální soudečkové ložisko v provedení EJ

III.) ZHODNOCENÍ VÝROBNÍCH SKUPIN AXIÁLNÍCH SOUDEČKOVÝCH LOŽISEK A VÝBĚR REPREZENTANTA

AXIÁLNÍ SOUDEČKOVÁ LOŽISKA

Axiální soudečková ložiska patří mezi výrobně nejnáročnější valivá ložiska. Konstrukčně i technologicky zabezpečit optimální tvary a vzájemné polohy všech funkčních ploch na ložiskových kroužcích, valivých tělesech a klecích klade na výrobce značné nároky, se kterými se dokáží vyrovnat jen špičkový výrobci ložisek.



Obr. 41 Axiální soudečkové ložisko

Axiální soudečková ložiska zahrnují ucelený výrobní program jak v rozměrových, tak i typových řadách 292, 293 a 294, které jsou svou konstrukcí i výrobou v souladu s mezinárodními normami ISO. Systém řízení celého výrobního procesu axiálních soudečkových ložisek je certifikován dle mezinárodních norem řady ISO 9 000.

U axiálních soudečkových ložisek je, oproti jiným axiálním ložiskům, zatížení přenášeno z jedné oběžné dráhy na druhou pod určitým úhlem, což umožňuje přenášet kromě axiálního zatížení i zatížení radiální. Axiální soudečková ložiska jsou rozebíratelná. Hřídelový kroužek s klecí a soudečky a tělesový (průchozí) kroužek se mohou montovat jednotlivě. Další důležitou vlastností těchto ložisek je naklopitelnost, což dává v uložení možnost vyrovnávání průhybu a „nekolmosti“, hřídele vzhledem k tělesu.

Axiální soudečková ložiska jsou vyráběna v závislosti na velikosti a typu ve dvou konstrukcích : ve standardní a v konstrukci **E**. Ložiska v konstrukci **E** se vyznačují vyššími užitnými parametry a představují novou generaci axiálních soudečkových ložisek. Mají stejné hlavní rozměry, ale vyšší užitné vlastnosti. Obě provedení mohou být vyráběna s masivní mosaznou klecí **M** nebo s plechovou klecí **J**.

Jestliže se ložisko v konstrukci s masivní klecí, ve kterém působící axiální síly byly přenášeny také pouzdem pro vedení klece, má nahradit ložiskem s lisovanou klecí, je třeba vložit mezi hřídelový kroužek a osazení na hřídeli vymežovací kroužek.

Vnitřní prostor axiálních soudečkových ložisek je velmi efektivně využit. Proto jsou vhodná pro zachycení velkého zatížení při relativně vysoké frekvenci otáčení. Ložiska mohou přenášet kromě axiálního zatížení i určité radiální síly, které však musí být menší než 55 % současně působící axiální síly. Kulová dráha tělesového kroužku umožňuje vyrovnat nekolmosti mezi hřídelí a tělesem.

Axiální soudečková ložiska jsou pro jejich vysoké užité vlastnosti využívána v mnoha oborech a průmyslových odvětvích. Hlavně jsou tato ložiska využívána v následujících zařízeních :

- Střední a těžké tvářecí stroje
- Lodní hřídele
- Vrtné soupravy všech druhů a velikostí
- Střední a těžká jeřábová technika, včetně nosných háků jeřábů
- Čerpadla středních a velkých rozměrů a výkonů
- Důlní razící stroje a technik
- Vysoce namáhané točnice zařízení povrchové dolů a kamenolomů
- Energetika (turbíny, generátory, elektromotory)

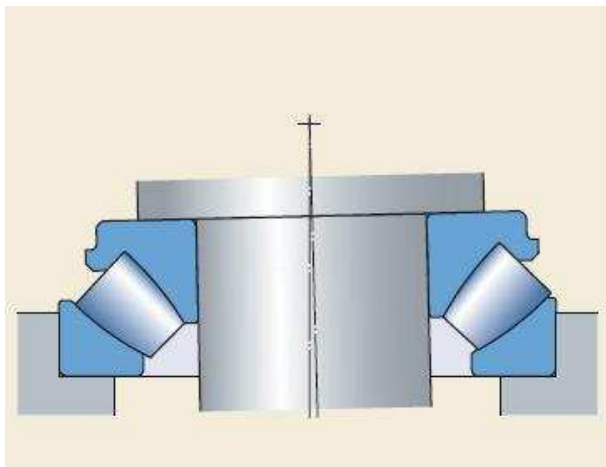
Naklopitelnost

Konstrukce axiálních soudečkových ložisek umožňuje naklopení a tím vyrovnání nekolmosti hřídele vůči tělesům, přičemž průhyb hřídele nemá do určité velikosti vliv na ložisko. Při působení normálního zatížení $F_a + 2,7.F_r = 0,05.C_{0a}$, otáčení hřídelového kroužku, konstantní nekolmosti a běžných provozních podmínek, je u axiálních soudečkových ložisek možné naklopení ze střední polohy, aniž by došlo k narušení jejich správné funkce, o hodnoty uvedené v tabulce :

Tab. 4 Hodnoty přípustného naklopení

Typ ložiska	Přípustné naklopení
292	2°
293	2° 30'
294	3°

Přípustné naklopení se zmenšuje se vzrůstajícím zatížením. Např. při zatížení $F_a + 2,7.F_r = 0,15.C_{0a}$ činí přípustné naklopení pro všechny typy cca 1,5°. Využití přípustného naklopení je závislé také na typu těsnění a na konstrukci uložení.

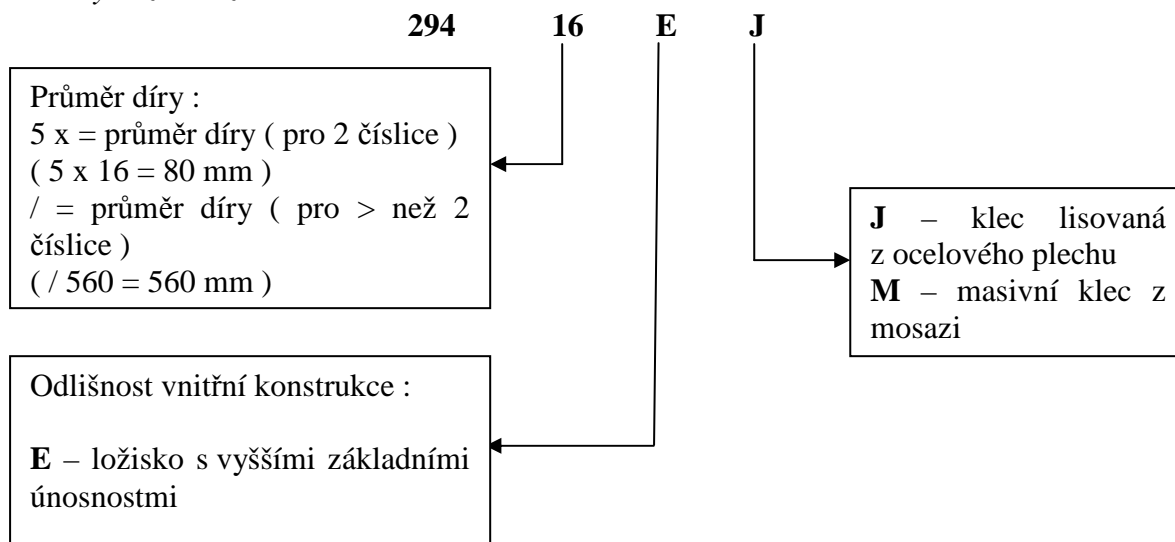


Obr. 42 Příklad tzv. vyrovnání nesouososti hřídele k vzhledem k tělesu

Označování axiálních soudečkových ložisek

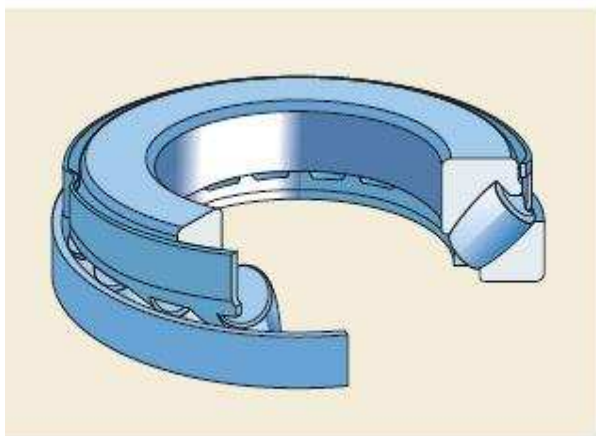
Jak už bylo uvedeno v začátku popisu axiálních soudečkových ložisek, tak zahrnují tři typové řady, tj. 292, 293, 294.

Příkladný rozbor označení :

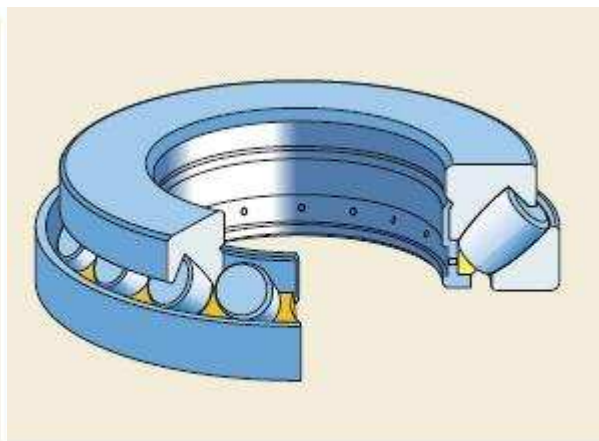


Klece

Axiální soudečková ložiska v základní konstrukci mají masivní mosazné klece, vedené pomocí ocelového pouzdra na hřídelovém kroužku a jsou označeny písmenem **M**. Provedení s plechovou ocelovou klecí, vedenou na hřídelovém kroužku, se označuje písmenem **J**. Axiální soudečková ložiska s plechovou klecí jsou zaměnitelná s ložisky s mosaznou klecí. Při výměně ložisek s mosaznou klecí za ložiska s plechovou klecí je nutné použít vymezovací kroužky.



Obr. 43 Axiální soudečkové ložisko s plechovou ocelovou klecí

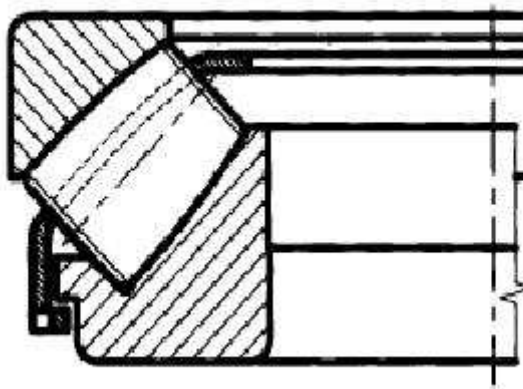


Obr. 44 Axiální soudečkové ložisko s masivní mosaznou klecí

Konstrukce

Konstrukce M – standardní konstrukce ložiska s masivní klecí z mosazi vedenou pomocí vodícího pouzdra na hřídelovém kroužku

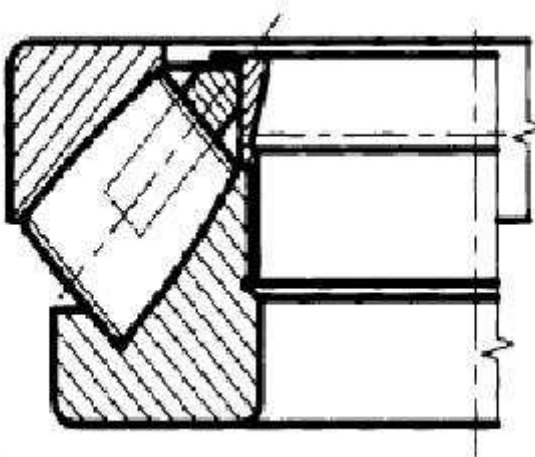
Konstrukce EM – ložisko s lepším využitím vnitřního prostoru a vyššími užitnými parametry, s masivní klecí z mosazi, vedenou pomocí vodícího pouzdra na hřídelovém kroužku



Obr. 45 Konstrukce axiálního soudečkového ložiska (M, EM)

Konstrukce J – standardní konstrukce ložiska s lisovanou klecí z ocelového plechu vedenou na hřídelovém kroužku

Konstrukce EJ – ložisko s lepším využitím vnitřního prostoru a vyššími užitnými parametry, s lisovanou klecí z ocelového plechu vedenou na hřídelovém kroužku



Obr. 46 Konstrukce axiálního soudečkového ložiska (J, EJ)

Připojovací rozměry

Ložiskové kroužky smí dosedat jen na čelní opěrnou plochu na hřídeli nebo v tělese, nikoliv na přechodové zaoblení. Maximální poloměr $r_{a \max}$ u připojených součástí musí být proto menší než minimální rozměr zaoblení r_a u ložiskových kroužků.

Přesnost

Axiální soudečková ložiska se běžně vyrábějí v normálním stupni přesnosti PO (znak se neuvádí). Mezní hodnoty přesnosti rozměrů jsou uvedeny v ISO 492. Výrobu ložisek s vyšší přesností chodu je třeba projednat s výrobcem.

Vliv provozní teploty na materiál dílů

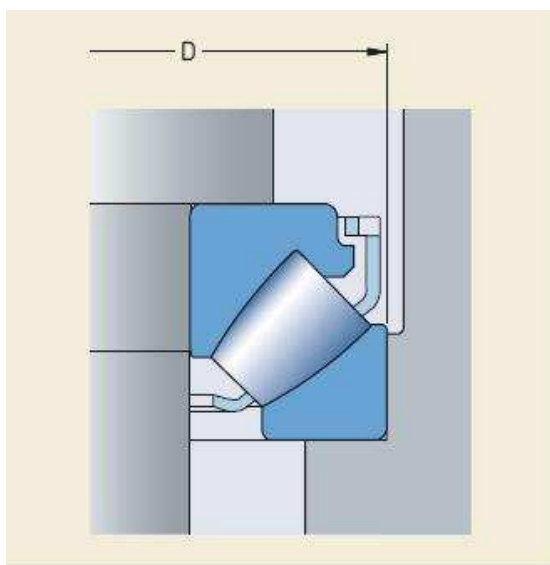
Všechna axiální soudečková ložiska ZKL procházejí zvláštním tepelným zpracováním. Mohou proto pracovat při provozních podmínkách s teplotou až $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a bez nepřípustných změn rozměrů.

Konstrukce souvisejících dílů

Připojovací rozměry d_a a D_a uvedené v rozměrových tabulkách platí pro zatížení až do $F_a = 0,1 \cdot C_{0a}$. Pokud by na ložiska působilo zatížení větší, doporučuje se opřít hřídelový i tělesový kroužek po celé ploše čelních ploch kroužků ($d_a = d_1$ a $D_a = D_1$) a současně opřít tělesový kroužek i radiálně. V takových případech je vhodné se obrátit na technicko konzultační služby ZKL – Výzkum a vývoj, a.s. Při použití ložisek konstrukce J, EJ, s lisovanými ocelovými klecemi je vhodné otvor v tělese v blízkosti klece zvětšit, aby nedošlo k dotyku tělesa a klece při naklopení ložiska. Doporučená hodnota průměru tohoto vybrání $D + 15\text{ mm}$ pro ložiska o vnějším průměru do 380 mm včetně a $D + 20\text{ mm}$ pro ložiska větší.

Příklad :

V případě ložisek konstrukce E s lisovanou ocelovou klecí je vhodné díru v tělese v blízkosti klece opatřit vybráním (viz. obr. 47), aby při vyosení hřídele nedošlo k dotyku klece a tělesa.



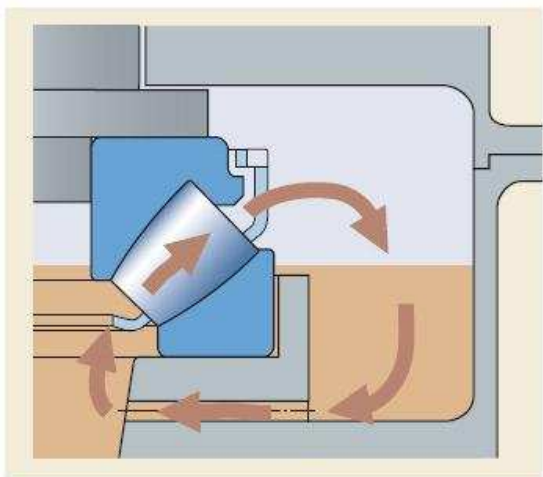
Obr. 47 Konstrukce souvisejících dílů

Mazání

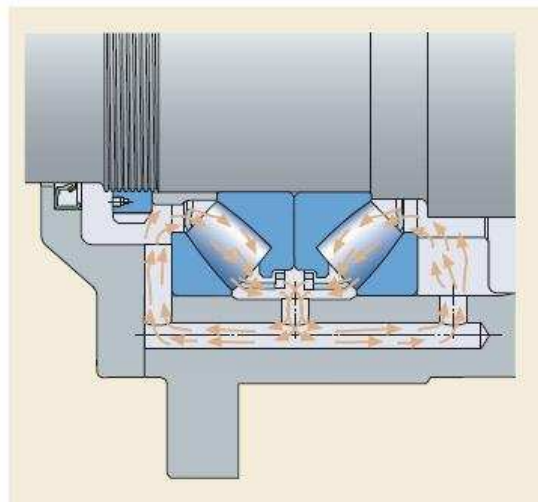
Mazání axiálních soudečkových ložisek se doporučuje všeobecně olejem. Pouze při velmi nízké frekvenci otáčení a nízkém zatížení, v případě použití ložisek s ocelovou lisovanou klecí, lze zvolit mazání plastickým mazivem.

Pro mazání plastickým mazivem je vhodnější horizontální poloha hřídele než vertikální. Při vertikální poloze hřídele a mazání plastickým mazivem je zpravidla přípustná frekvence otáčení poloviční, než u horizontální polohy hřídele.

Vnitřní konstrukce axiálních soudečkových ložisek vyvoluje za provozu čerpací účinek, který lze s výhodou, za určitých okolností, využít a je nutné jej vzít v úvahu při návrhu mazání a utěsnění.



Obr. 48 Uložení se svislou hřídelí

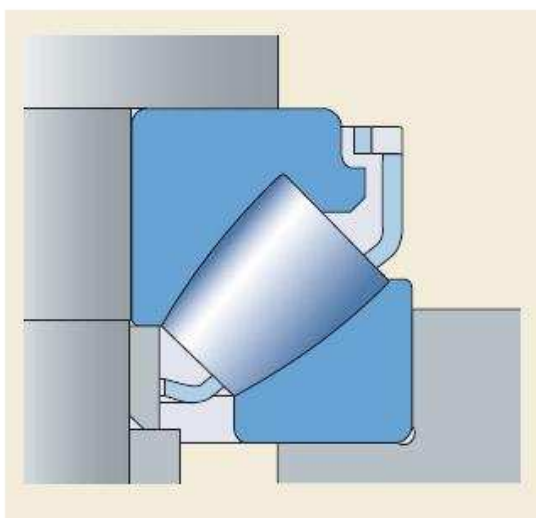


Obr. 49 Uložení s vodorovnou hřídelí

Montáž

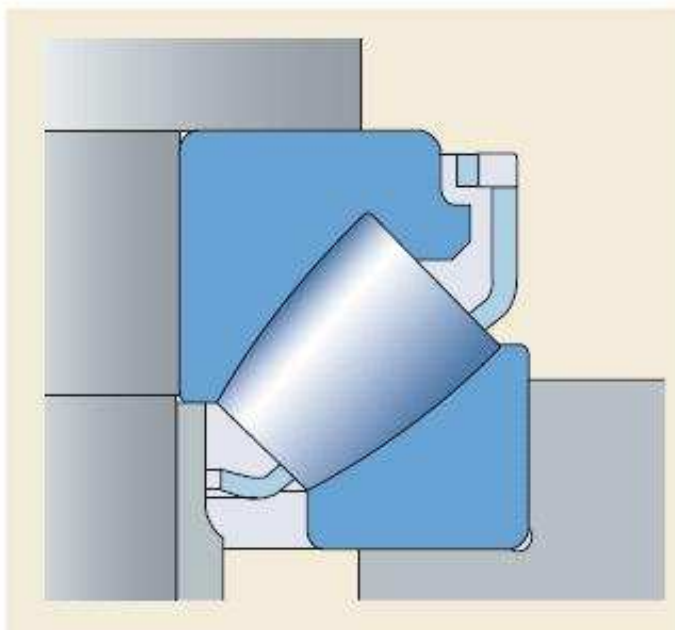
Axiální soudečková ložiska jsou rozebíratelná, tzn. hřídelový kroužek s valivými tělesy a klecí a tělesový kroužek mohou být montovány samostatně.

Pokud je třeba ložiska nahradit staršími ložisky s masivní klecí, v nichž kroužek pro vedení klece slouží jako rozpěrný kroužek, musí být rozpěrný kroužek namontován mezi hřídelový kroužek a osazení na hřídeli (viz. obr. 50).



Obr. 50

Jestliže mají být nahrazena ložiska staršího provedení namontovaná s rozpěrným kroužkem, je třeba zkontrolovat rozměry tohoto kroužku a podle potřeby obrobit (viz. obr. 51). Kroužek musí být kalen a mít broušené čelní plochy. Doporučený vnější průměr kroužku je uveden pro každé ložisko v tabulkové části.



Obr. 51

ZHODNOCENÍ VÝROBNÍCH SKUPIN

Sortiment plechových klecí pro axiální soudečková ložiska je v závodě ZKL rozmanitý.

Firma ZKL rozděluje velikosti plechových klecí pro axiální soudečková ložiska do třech etap :

- Velikost A 1

- do výrobního programu této velikosti spadají klece o rozsahu průměrů 105 – 190 mm. Při výrobě těchto klecí se používají výstředníkové lisy pro dělicí zařízení typu LENP 63, které jsou vybaveny nebo – li upraveny přestavitelným stolem. Použité dělicí zařízení je poloautomatické, mechanicky spojené s pohybem beranu lisu.

- Velikost A 2

- do výrobního programu této velikosti spadají klece o rozsahu průměrů 190 – 300 mm. Při výrobě těchto klecí se používají výstředníkové lisy pro dělicí zařízení typu LENP 63, které jsou vybaveny nebo – li upraveny přestavitelným stolem. Použité dělicí zařízení je poloautomatické, mechanicky spojené s pohybem klikového mechanického lisu.

- Velikost A 3

- do výrobního programu této velikosti spadají klece o rozsahu průměrů 300 – 580 mm. Při výrobě těchto klecí se používají výstředníkové lisy pro dělicí zařízení typu LEU 100. Použité dělicí zařízení je ovládáno ručním ovládáním.

Hlavní informace o výstředníkových lisech :

Výstředníkový lis LENP 63 s přestavitelným stolem

➤ Výrobní číslo stroje	086
➤ Rok výroby	1973
➤ Jmenovitá síla	63 (MP) ... pozn. : mega pundy, tj. 630 kN
➤ Maximální počet zdvihů	63 min ⁻¹
➤ Zdvih beranu	10 – 100 mm
➤ Přestavitelnost beranu	70 mm
➤ Hmotnost lisu	4600 kg

Výstředníkový lis LEU 100

➤ Výrobní číslo stroje	1.0086
➤ Rok výroby	1981
➤ Jmenovitá síla	1000 kN
➤ Maximální počet zdvihů	63 - 125 min ⁻¹
➤ Jednotlivé zdvihy	25 - 35 min ⁻¹
➤ Zdvih beranu	10 – 120 mm
➤ Přestavitelnost beranu	80 mm
➤ Hmotnost lisu	8550 kg

Axiální soudečková ložiska se vyrábějí v typových řadách 292, 293 a 294. Tyto ložiska se liší od sebe velikostí šířky konstrukce.

Katalog firmy ZKL (viz. příloha 1) nabízí axiální soudečková ložiska v rozsahu od průměru 50 – 800 mm, kde tento průměr je brán jako vnitřní otvor pro hřídel. Rozsahy těchto ložisek jsou v rozmezí 50 – 110 mm, 120 – 200 mm, 220 – 320 mm a 340 – 800 mm. V těchto rozsazích kromě 340 – 800 mm jsou v katalogu axiálních soudečkových ložisek skoro všechny typy mosazných klecí nahrazeny plechovými. Výjimku právě tvoří zmiňovaná skupina 340 – 800 mm.

VÝBĚR REPREZENTANTA

Při zpracování kapacitního propočtu pomocí volby představitele nebo – li reprezentanta se často nezjišťují potřebné dílčí hodnoty pro každý jednotlivý výrobek obsažený ve výrobním programu. Byla by to zdlouhavá a neúčelná práce. Potřebné hodnoty se stanoví pomocí představitelů (reprezentantů) výrobních skupin.

Předpokladem použití tohoto typu výpočtu však je, že všechny výrobky, zahrnuté do výběru jsou přibližně konstrukčně i materiálově podobné a je blízká i technologie jejich výroby.

Výběrem reprezentanta rozumíme volbu představitele, na kterém budu vytvářet konkrétní technologický postup výroby, vypracovávat konstrukční návrh funkčních částí nástroje pro děrování okének klece a ekonomické zhodnocení.

Výběr reprezentanta jsem prováděl pomocí katalogu ZKL pro axiální soudečková ložiska (viz. příloha 1), kde jsem si našel typ ložiska 29 336 M. Dané ložisko je z řady 120 – 200 mm a vybral jsem ho záměrně z toho důvodu, že v katalogu není ještě pro tento typ vymyšlené nahrazení mosazné klece plechovou. Právě vybrané ložisko 29 336 M je s masivní mosaznou klecí.

Dané ložisko je z řady 293 a jeho průměr díry je $d = 180 \text{ mm} \dots 36 \times 5 = 180 \text{ mm}$

Základní parametry axiálního soudečkového ložiska 29 336 M :

- Průměr díry ... $d = 180 \text{ mm}$
- Vnější průměr ... $D = 300 \text{ mm}$
- Výška ... $H = 73 \text{ mm}$
- Hmotnost ... $m = 20,3 \text{ kg}$
- Základní dynamická únosnost $C_a = 984 \text{ kN}$
- Základní statická únosnost $C_{0a} = 3530 \text{ kN}$

STANOVENÍ TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU VÝROBY

Při stanovení technologického postupu vycházím z vybraného ložiskového reprezentanta 29 336 M, který je tvořen masivní mosaznou klecí. Z tohoto důvodu navrhuji technologický postup pro náhradu této klece plechovou. Vycházím z poznatků výroby ZKL, která se snaží všechny mosazné klece nahradit plechovými. Navrhuji se držet výchozího materiálu, který je pro všechny náhrady stejný. Jedná se o materiál 11 300.

Axiální soudečkové ložisko nahrazené plechovou klecí, pro kterou navrhuji daný technologický postup má označení 29 336 EJ – 4. Označení nám říká, že ložisko je řady 293 o vnitřním otvoru 180 mm, E – ložisko s vyššími základními únosnostmi, J – klec lisovaná z ocelového plechu a číslo 4 nám udává tloušťku plechu klece.

Technologický postup pro vybraného reprezentanta (ložisko 29 336 EJ – 4)

1. Operace

- dopravená plechová tabule o rozměrech $360 \times 4 \times 3000$ - materiál 11 300 (šířka x tloušťka x délka)
- kontrola rozměrů materiálu

2. Operace

- doprava pásu plechu k operaci č. 3 (k vertikálnímu klikovému lisu LE 160)

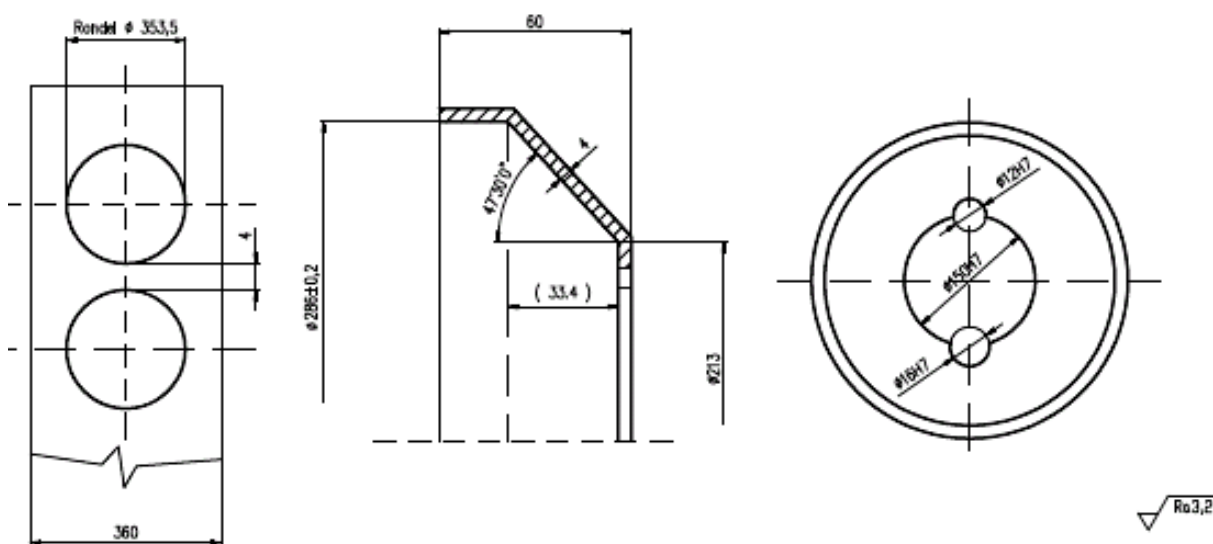
3. Operace

- pás plechu o rozměrech 360 x 4 x 3000 – materiál 11 300, je transportován pomocí podávacím zařízení a zároveň rovnán rovnacím zařízením do klikového vertikálního lisu LE 160.

Vertikální klikový lis LE 160

- Výrobní číslo stroje 229 404
- Rok výroby 1977
- Jmenovitá síla 1600 kN
- Maximální počet zdvihů 45 min^{-1}
- Jednotlivé zdvihy 20 min^{-1}
- Zdvih beranu 20 – 120 mm
- Přestavitelnost beranu 1000 mm
- Hmotnost lisu 8700 kg

- Stříhat postupně rondely na průměr 353,5 s odstupňováním 4mm a lisovat kalíšek na rozměry viz. technologický náčrtek, prostřížení technologického dna s dvěma otvory z důvodu pozdějšího upnutí na LENP 63



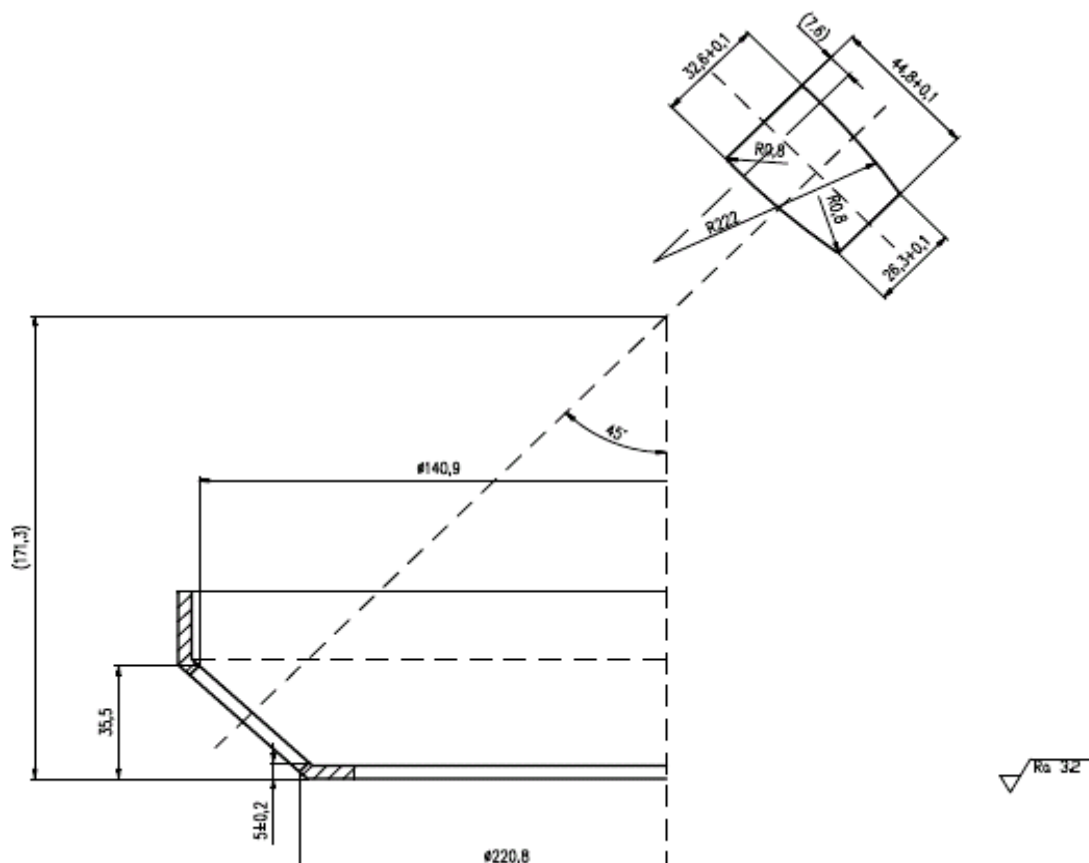
- nekótované poloměry R 0,5
- před expedicí na další operaci je nutné na výlisku zkontrolovat rozměry, nepřesnosti, opracování a vzhled
- pomůcky : nástroje, upínače a měřidla

4. Operace

- doprava výlisku s prostřihnutým technologickým dnem k operaci č. 5 (k děličce LENP 63, která je součástí výstředníkového lisu s přestavitelným stolem)

5. Operace

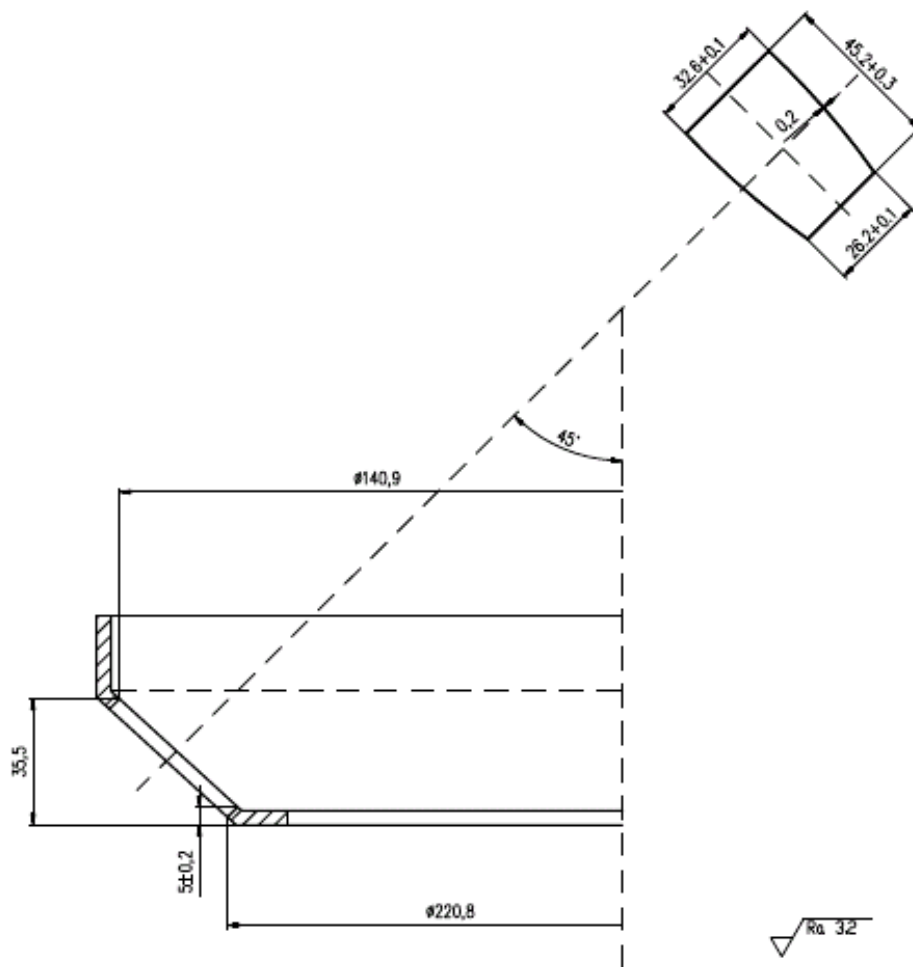
- výlisek s technologickým dnem upnout na děličku LENP 63 pomocí upínače za zmiňovaný otvor
- lisovat nebo děrovat okénka po obvodu, lisování počtu okének je 21 (rozteč : $360^\circ / 21$)
- děrování okének je provedeno na jednu otáčku děličky LENP 63



- před expedicí na další operaci je nutné na výlisku zkontrolovat rozměry, nepřesnosti, opracování a vzhled
- pomůcky : nástroje, upínače a měřidla

6. Operace

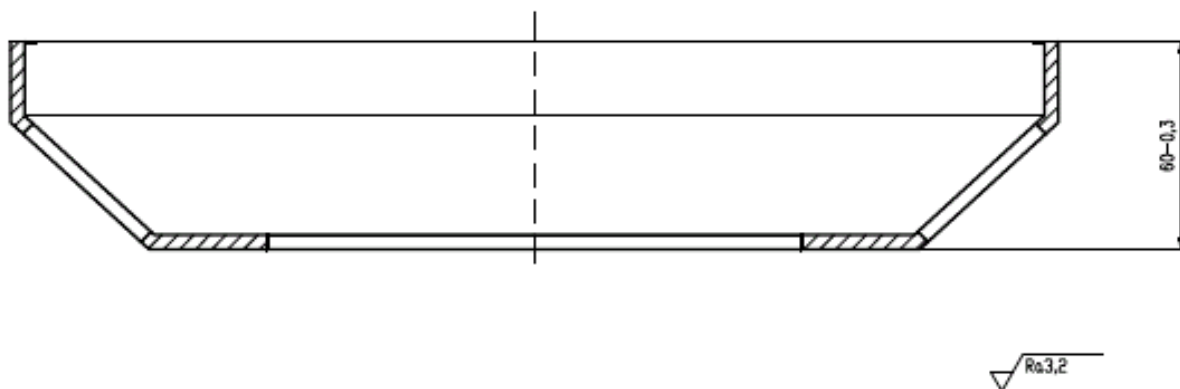
- daná operace, která zde následuje je prováděna obdobně jako operace č. 5 . Dochází zde k lisování sedel, rozdíl mezi operacemi č. 5 a č. 6. je v lisovacím nástroji
- výlisek s technologickým dnem upnout na děličku LENP 63 pomocí upínače za zmiňovaný otvor
- lisovat sedla po obvodu, počet lisovaných sedel je rovno počtu děrovaných okének, tj. 21 (rozteč : $360^\circ / 21$)
- lisování sedel se provádí na jednu otáčku děličky LENP 63



- před expedicí na další operaci je nutné na výlisku zkontrolovat rozměry, nepřesnosti, opracování a vzhled
- pomůcky : nástroje, upínače a měřidla

7. Operace

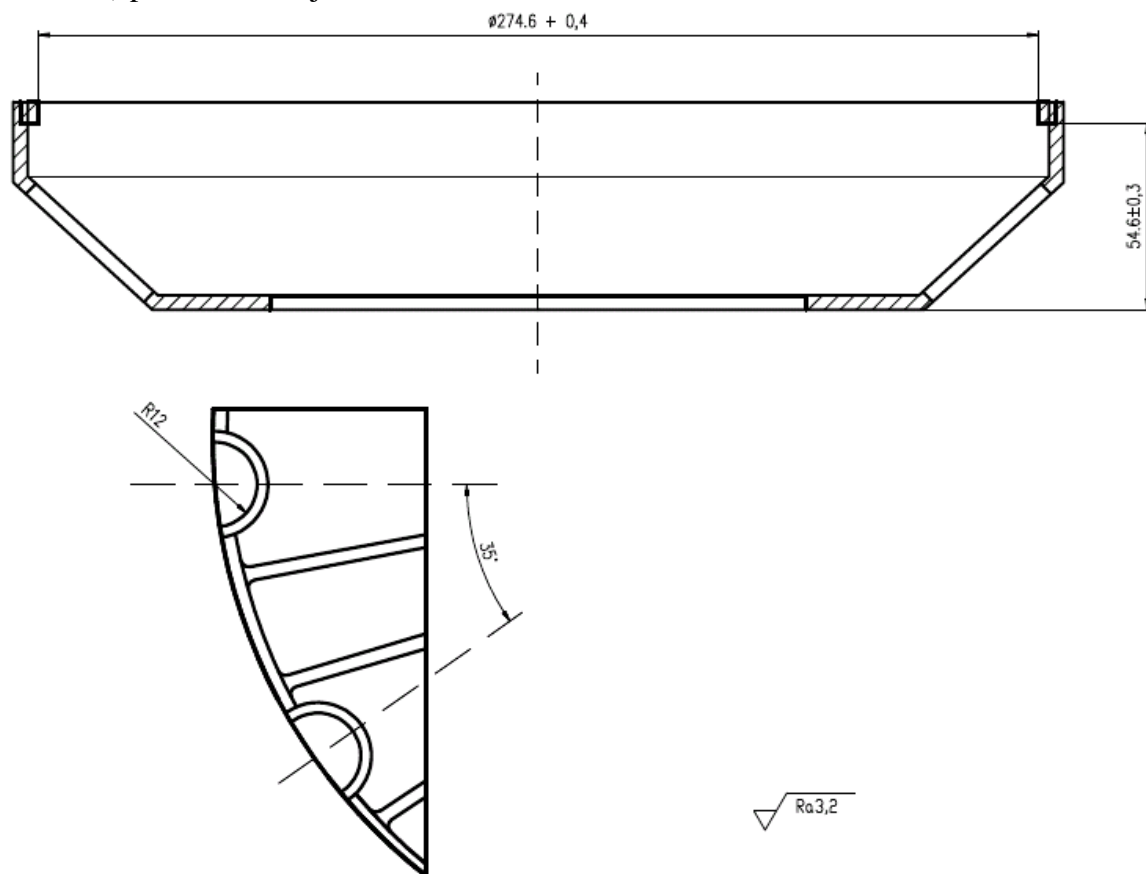
- výlisek nebo – li už klec upnout na hrotový soustruhu SN 40B
- soustružit vnější čelo na rozměrovou délku 60 – 0,3
- odstranit ostříny



- před expedicí na další operaci je nutné na výlisku zkontrolovat rozměry, nepřesnosti, opracování a vzhled
- pomůcky : nástroje, upínače a měřidla

8. Operace

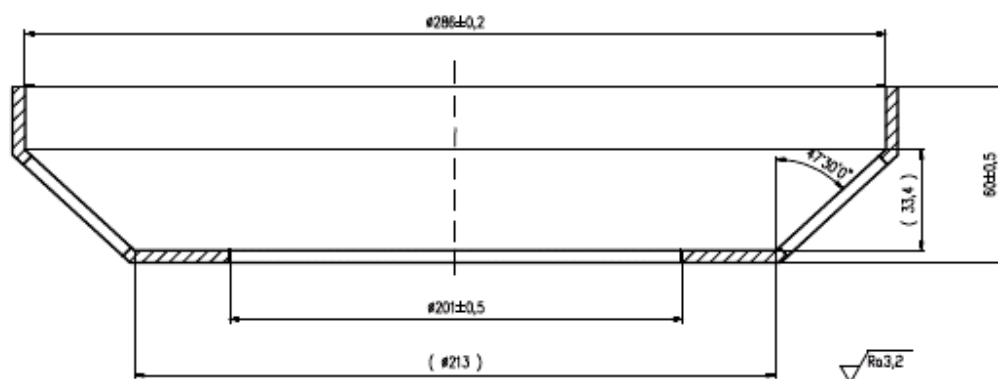
- klec s technologickým dnem upnout na děličku LEMP 63 pomocí upínače za zmiňovaný otvor
- lisovat zámky nebo – li prolisy o poloměru R 12 po určitém úhlu 35° (2 x 2 prolisy po 180°) pomocí nástroje



- před expedicí na další operaci je nutné na výlisku zkontrolovat rozměry, nepřesnosti, opracování a vzhled
- pomůcky : nástroje, upínače a měřidla
-

9. Operace

- ustřížení technologického dna s otvory na průměr $201 \pm 0,5$ na stříhacím stroji LE 250



- nekótované poloměry R 0,5
- kalibrace tvaru
- před expedicí na další operaci je nutné na výlisku zkontrolovat rozměry, nepřesnosti, opracování a vzhled
- pomůcky : nástroje, upínače a měřidla

10. Operace

- bubnovat v omílacím bubnu 2 hodiny (Na NO₃, drť s přídavkem mýdla)
- náplň 10 ks klecí

11. Operace

- kontrola dle konstrukčního výkresu

12. Operace

- pasivovat, konzervovat
- vyprat ve studené vodě s přídavkem 2 % dusičnanu sodného a 0,5 % sody - vana
- konzervovat - Antikorit

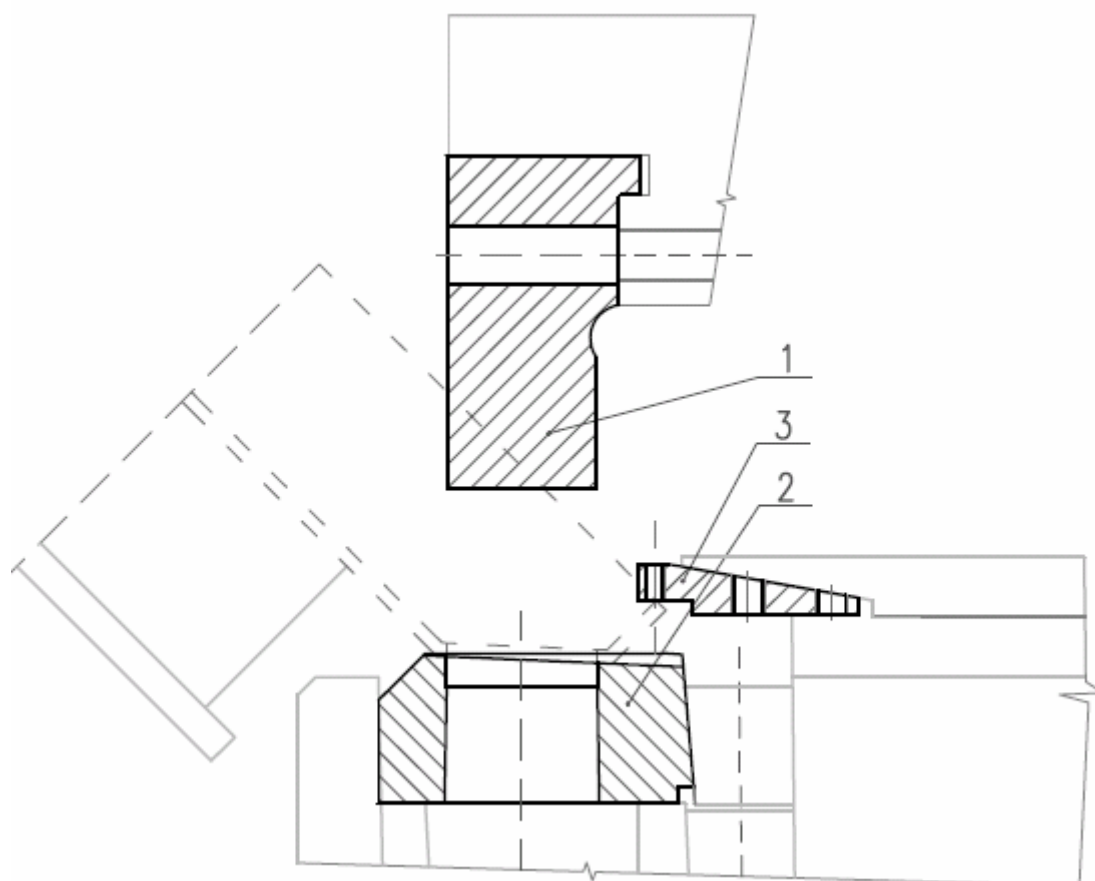
Ocel 11 300

- jedná se o nelegovanou, konstrukční ocel. Obsah uhlíku je 0,09%. Tvrdost dosahuje max. 110 HB. Třída odpadu je 005. Z této oceli se vyrábějí hlubokotažné plechy na části karosérií, pásy a pruhy na lisování součástí jízdních kol, nádrží na benzín, radiátory. Není vhodná k pokovování a smaltování.

IV.) KONSTRUKČNÍ NÁVRH FUNKČNÍCH ČÁSTÍ NÁSTROJE PRO DĚROVÁNÍ OKÉNEK KLECE

Funkční částí nástroje konstrukčně navrhují pro vybraného reprezentanta, tj. axiální soudečkové ložisko nahrazené plechovou klecí (29 336 EJ – 4).

Schématický návrh nástroje pro děrování okének



Obr. 52

Navržený schématický nástroj pro děrování okének se skládá ze tří hlavních částí:

- 1 – razník
- 2 – raznice
- 3 – přidržovač

Nástroj je součástí děličky LENP 63. Výlisek z materiálu 11 300, který je zobrazen čárkovaně, je upnut pomocí upínací hlavy za prostřížené technologické dno pod úhlem 45° (viz. technologický postup) a přitlačen přidržovačem na raznici. Razník koná vertikální pohyb, přičemž dochází k děrování okének. Odpad je odváděn propady v raznici.

Mým řešením je konstrukční návrh funkčních částí nástroje pro děrování okének axiální klece u zvoleného reprezentanta, tj. razníku a raznice (viz. příloha 5, 6). Obě tyto části jsou vyrobeny z oceli 19 436.

Ocel 19 436

- je charakterizována jako vysoce legovaná chromová ocel s velkou prokalitelností ke kalení v oleji a na vzduchu. Výhodou je vysoká odolnost proti opotřebení, jak proti kovovým, tak i minerálním látkám, dobrá řezivost, velmi vysoká pevnost v tlaku, značně nízká houževnatost zejména v příčném směru, výrazná karbidická řádkovitost, dobrá stálost rozměrů při tepelném zpracování, zvýšená citlivost na rychlý ohřev, vhodnost ke kalení na sekundární tvrdost (možnost například nitridování), na druhou stranu je dosti obtížná obrusitelnost, obtížná tvárnost za tepla a poněkud ztížená obrobitelnost v žíhaném stavu.

Vhodnost použití oceli je například pro stříhací nástroje za studena : všechny druhy nástrojů s velkou životností pro stříhání na lisech a děrování materiálů menších tloušťek a materiálů vysoké pevnosti (zejména tvarově složité nástroje pro stříhání plechů), nože pro tabulové nůžky na plech a páskovou ocel (do tloušťky stříhaného materiálu asi 4 mm), nože na stříhání drátu apod.

Další informace o oceli 19 436 jsou v příloze 2.

Technologické výpočty

a) Střížná síla

Výpočet dle vzorce (37)

$t = 4 \text{ mm}$

$R_m = 280 \div 300 \text{ MPa} \Rightarrow$ volím střední hodnotu z přílohy 3, dle mat. 11 300... $R_m = 290 \text{ MPa}$

$n = 1,3$

$l = 147,25 \text{ mm} \Rightarrow$ hodnotu jsem vyhodnotil pomocí programu AutoCAD 2007

$$F_S = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m \quad F_S = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m = 1,3 \cdot 147,25 \cdot 4 \cdot 0,8 \cdot 290 = \underline{177642,4 \text{ N}}$$

b) Střížná práce

Výpočet dle vzorce (38)

$k = 0,55 \Rightarrow$ volím střední hodnotu z přílohy 4 (dle druhu a tloušťky materiálu)

$$A_S = k \cdot F_S \cdot t \cdot 10^{-3} \quad A_S = 0,55 \cdot 177642,4 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = \underline{3908,13 \text{ J}}$$

c) Stírací síla

Výpočet dle vzorce (39)

$k_{eu} = 0,1 \Rightarrow$ volím hodnotu z tabulky 3

$$F_U = k_{eu} \cdot F_S \quad F_U = 0,1 \cdot 177642,4 = \underline{17764,24 \text{ N}}$$

d) Protlačovací síla

Výpočet dle vzorce (40)

$k_{ev} = 0,05 \Rightarrow$ volím hodnotu z tabulky 3

$n_v = 1 \text{ ks}$

$$F_V = k_{ev} \cdot F_S \cdot n_v \quad F_V = 0,05 \cdot 177642,4 \cdot 1 = \underline{8882,12 \text{ N}}$$

e) Celková střížná síla

$$F_{Sv} = F_s + F_u + F_v \quad F_{Sv} = 177642,4 + 17764,24 + 8882,12 = \underline{204288,76 \text{ N}}$$

f) Střížná mezera

Výpočet dle vzorce (42), z podmínky pro plechy $t \geq 3 \text{ mm}$

$c = 0,005$

$\tau_s = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 290 = 232 \text{ MPa}$

$$z = (1,5 \cdot c \cdot t - 0,015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \quad z = (1,5 \cdot 0,005 \cdot 4 - 0,015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{232} = \underline{0,073 \text{ mm}}$$

g) Střížná vůle

Výpočet dle vzorce (43)

$$v = 2 \cdot z \quad v = 2 \cdot 0,073 = \underline{0,146 \text{ mm}}$$

Návrh nástroje

Pro děrování okének na axiální kleci navrhuji použít klikový vertikální lis – děličku LENP 63. Volím tento lis, protože nám vyhovuje z hlediska sevření lisu. Podrobnější popis lisu je na stránce 59.

Kontrola volby lisu z hlediska lisovací síly

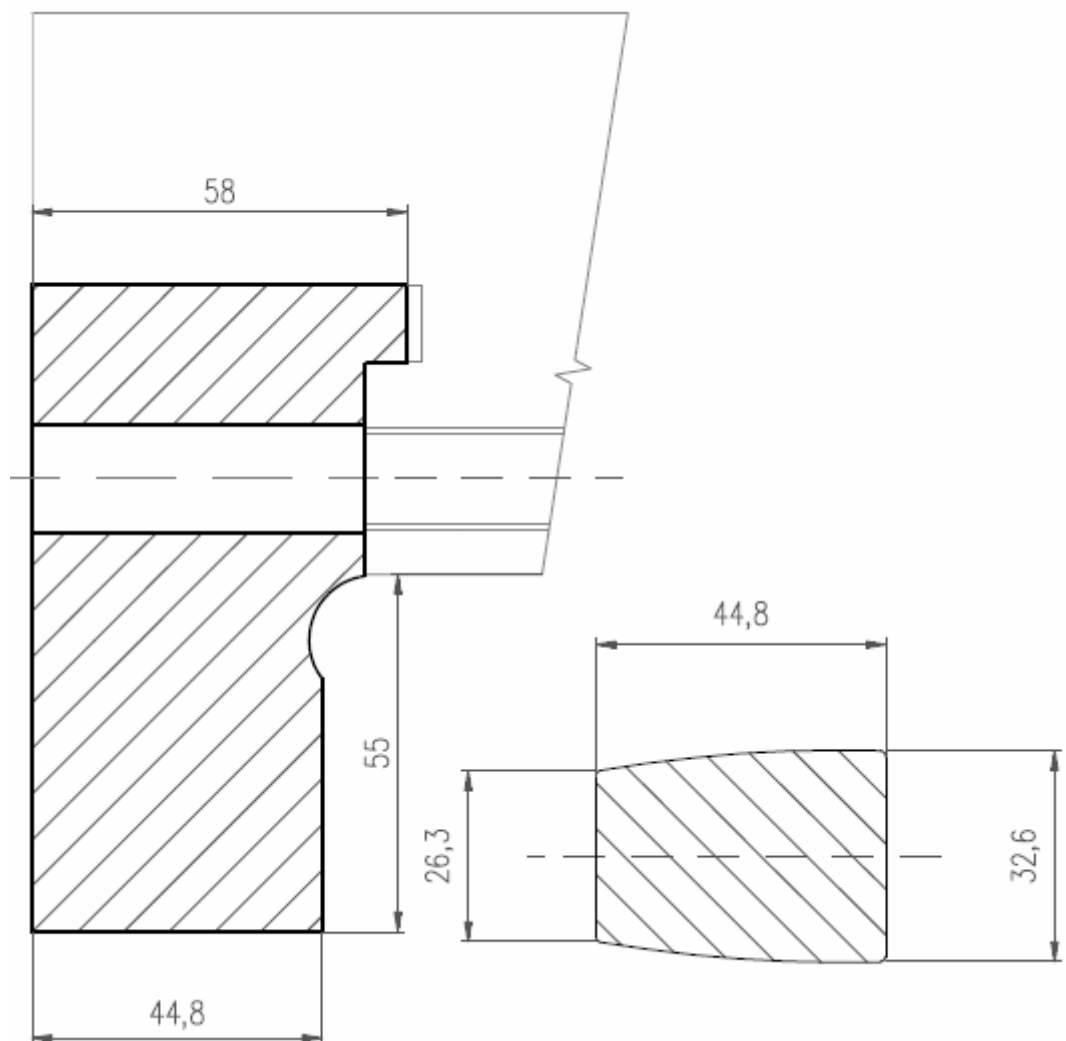
Celková lisovací síla pro volbu lisu je $F_{Sv} = 204,3 \text{ kN}$

Jmenovitá síla lisu $F_j = 630 \text{ kN}$

Jmenovitá síla lisu je větší než potřebná lisovací síla ($F_j > F_{Sv}$) a proto lis nelze přetížít. Navržený klikový vertikální lis – dělička LENP 63 vyhovuje pro danou technologii.

Konstrukční výpočty

Schéma razníku



Obr. 53

a) Kontrola razníku na otlačení

Výpočet dle vzorce (45)

$$\sigma_{dov} = 180 \text{ MPa}$$

$S = \text{šířka razníku} \times \text{délka razníku} = 58 \text{ mm} \times 35 \text{ mm} = 2030 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{dle výkresové dokumentace}$

$$\sigma_s = \frac{F_{sv}}{S} \leq \sigma_{dov} \quad \sigma_s = \frac{204288,76}{2030} = \underline{100,6 \text{ MPa}} \quad 100,6 \text{ MPa} \leq 180 \text{ MPa}$$

Protože napětí nepřesáhlo dovolenou mez 180 MPa pro ocel, není nutno použít kalenou opěrnou desku \Rightarrow podmínka splněna.

b) Kontrola razníku na vzpěr

Výpočet dle vzorce (47)

Razník o rozměrech a tvaru (viz. schéma střížníku)

Poznámka : z důvodu složitosti tvaru razníku a kvůli výpočtu momentu setrvačnosti průřezu aproximuji razník na tvar obdélníkový o rozměrech $a = 29 \text{ mm}$; $b = 44,8 \text{ mm}$

$$a = 29 \text{ mm}$$

$$b = 44,8 \text{ mm}$$

$$E_p = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$n_k = 2$$

$$J_y = \frac{b \cdot a^3}{12}$$

$$J_y = \frac{44,8 \cdot 29^3}{12} = \underline{91052,3 \text{ mm}^4}$$

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E_p \cdot J_y}{n_k \cdot a \cdot b \cdot t \cdot \tau_s}}$$

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 91052,3}{2 \cdot 1299 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 232}} = \underline{559,5 \text{ mm}}$$

Navržená délka razníku nepřesáhla kritickou délku razníku => podmínka splněna.

$$\underline{559,5 \text{ mm} > 55 \text{ mm}}$$

c) Výpočet raznice na ohyb

Výpočet dle vzorce (48)

$$\sigma_o = 350 \text{ MPa} - \text{pro } 19\ 436$$

$$H_{\min} = \sqrt{\frac{2,5 \cdot F s_v}{\sigma_o}}$$

$$H_{\min} = \sqrt{\frac{2,5 \cdot 204288,76}{350}} = \underline{38,2 \text{ mm}}$$

Minimální tloušťka raznice je volena 45 mm.

V.) EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ NÁHRADY MOSAZNÉ KLECE KLEČÍ PLECHOVOU

V dané kapitole provádím u zvoleného reprezentanta a danou sériovost ekonomické zhodnocení výroby klece pro axiální soudečkové ložisko řady 293 s průměrem díry 180 mm, náhradu mosazné klece (293 36 M) klečí plechovou (293 36 EJ – 4).

MOSAZNÁ KLEC (293 36 M)

Vstupní hodnoty:

Materiál polotovaru (výkovku) ... Ms 58 Al

Cena výkovku (výkovek s kapsami z KOVOLITU Modřice) = 328 Kč / ks

Počet vyráběných kusů $Q_{skut} = 70$ ks / rok

Cena mořidla = 1,76 Kč / ks

Zpracovatelská režie :

- je zahrnuta do pracnosti tj. do ceny 1 Nh = 379 Kč

Zisk :

- zahrnuta do pracnosti tj. do ceny 1 Nh = 379 Kč

Pracnost :

- převzatá z technologického postupu mosazné klece (293 36 M) => 34,4 Nmin / ks

PLECHOVÁ KLEC (293 36 EJ – 4)

Vstupní hodnoty:

Materiál polotovaru - pás plechu (360 x 4 x 3000) mm ... 11 300

Cena materiálu = 32,84 Kč / kg

Počet vyráběných kusů $Q_{skut} = 70$ ks / rok

Cena konzervantu (antikoritu) = 0,32 Kč / ks

Zpracovatelská režie :

ZR = 1253 %

Zisk :

Z = 10 %

Pracnost :

2. tarifní třída ... 0,585 Kč / Nmin => 35,1 Kč / hod

3. tarifní třída ... 0,615 Kč / Nmin => 36,9 Kč / hod

Zhodnocení stávající technologie výroby mosazné klece (293 36 M)**Náklady na mosaznou klec:**

CENA OPRACOVÁNÍ	157,78 Kč / ks
CENA MATERIÁLU	328 Kč / ks
CENA MOŘENÍ	1,76 Kč / ks
CENA CELKOVÁ (C_{MK})	Σ 487,54 Kč / ks

Náklady na nástroj:

Operace	Nástroj	Počet ks	Cena za kus (Kč)	Cena celkem (Kč)
soustružení	středící kotouč	2	800	1600
	upínka	1	650	650
frézování	vrtací upínač	1	10500	10500
	upínka	1	3000	3000
	fréza	1	5000	5000
měřidla	segment, měrka, kalibr, válečky	1 sada	6000	6000
CELKEM (Kč)			Σ 25950	Σ 26750

Zhodnocení nové technologie výroby plechové klece (293 36 EJ - 4)**Náklady na plechovou klec:**

Polotovaru - pás plechu (360 x 4 x 3000) mm ... šířka x tloušťka x délka

Počet vyrobených kusů z pásu plechu => 8 ks

Spotřeba materiálu na 1 ks => 360 x 4 x 375 mm

Hmotnost materiálu na 1 ks (i s odpadem) => 4,32 kg

Cena materiálu => 32,84 Kč / kg

CENA MATERIÁLU NA 1 KLEC	141,87 Kč / ks
CENA KONZERVANTU	0,32 Kč / ks
CENA CELKOVÉHO MATERIÁLU	Σ 142,19 Kč / ks

Pracnost:

Σ operace 2. tř. (N _{min} / ks)	Σ operace 3. tř. (N _{min} / ks)	Souhrn operací (Kč / ks)	Režie 1253 % (Kč / ks)	Zisk 10 % (Kč / ks)	Celková pracnost (Kč / ks)
Σ operace 2. tř. (Kč / ks)	Σ operace 3. tř. (Kč / ks)				
6,524	0,24				
3,82	0,15	3,97	49,74	5,40	59,11

CENA CELKOVÉHO MATERIÁLU	142,19 Kč / ks
CELKOVÁ PRACNOST	59,11 Kč / ks
CENA CELKOVÁ (C_{PK})	Σ 201,3 Kč / ks

Náklady na nástroj:

Operace	Nástroj	Cena (Kč)
lisování	sloučený nástroj na operaci č. 3	120 000
	sada na operaci č. 5 (2 x razník, 2 x raznice, 1 x přidržovač)	35 400
	sada na operaci č. 6 (2 x razník, 1 x matrice)	29 150
	sloučený nástroj na operaci č. 8	68 000
soustružení	soustružnické nože, upínky	52 000
CELKEM (Kč)		Σ 304 550

Porovnání obou technologií

Náklady na materiál klece za rok:

Stávající technologie (počet vyráběných kusů x cena materiálu + moření) 23083,2 Kč
 Nová technologie (počet vyráběných kusů x cena celkového materiálu) 9953,3 Kč
 Úspora (Z_m) 13 129,9 Kč

Náklady na pracnost za rok:

Stávající technologie 15 210,5 Kč
 Nová technologie 4137,7 Kč
 Úspora (U_r) 11 072,8 Kč

Náklady na nástroj:

Stávající technologie (N_A) 26 750 Kč
 Nová technologie (N_B) 304 550 Kč
 Rozdíl (N) 277 800 Kč

Doba úhrady

$$T_u = \frac{N}{U_r} = \frac{277800}{11072,8} = 25,1 \text{ roků}$$

Za 25,1 roků začne být nová technologie efektivní.

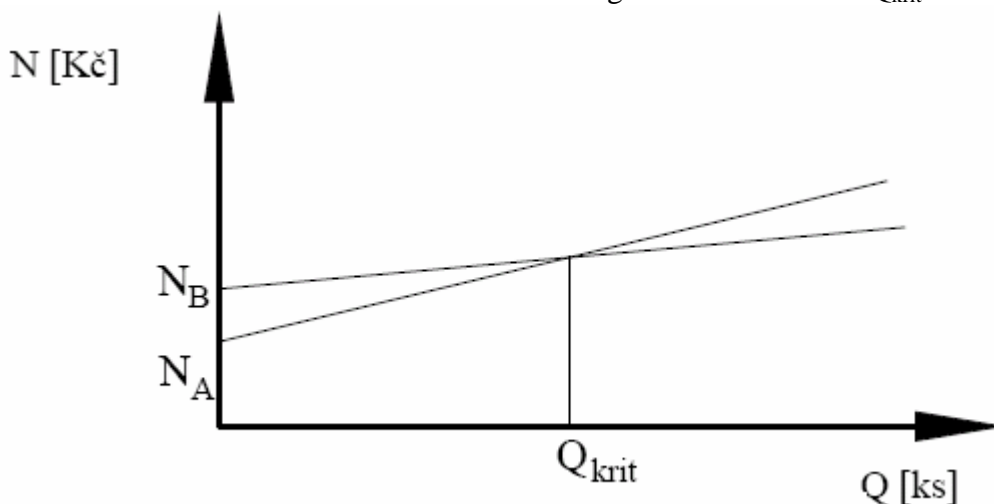
Doba úhrady je příliš vysoká z důvodu toho, že náhrada plechové klece mosaznou klecí je teprve v počátcích a odběr je jen 70 ks / rok. Postupem času až náhrada bude zaběhlá na trhu, počítá se zvýšení odběru na 20 násobek.

Kritické množství vyrobených klecí (výrobků)

Je minimální počet výrobků, které musíme vyrobit, aby nová technologie byla výhodnější než stávající technologie.

$$N_A + Q_{krit} \cdot C_{MK} = N_B + Q_{krit} \cdot C_{PK} \quad Q_{krit} = \frac{N_B - N_A}{C_{MK} - C_{PK}} = \frac{304550 - 26750}{487,54 - 201,3} = 970,5 \text{ ks}$$

Náhrada plechové klece mosaznou klecí, tj. nová technologie, začne být efektivní pokud vyráběná série bude v množství 971 ks => viz. obr. 54 grafické znázornění Q_{krit}



Obr. 54 Grafické znázornění Q_{krit}

Hospodářský výnos nové technologie

Roční úspora na materiálu klece $Z_m = 13\,129,9 \text{ Kč}$

Roční úspora na pracnosti $U_r = 11\,072,8 \text{ Kč}$

Rozdíl nákladů na nástroje $N = 277\,800 \text{ Kč}$

Hospodářský výnos při zavedení nové technologie v prvním roce :

$$V = (Z_m + U_r) - N = (13\,129,9 + 11\,072,8) - 277\,800 = -253\,597,3 \text{ Kč / rok}$$

Z výsledku jde vyčíst, že při zavedení nové technologie v prvním roce je hospodářská ztráta. Jak už bylo uvedeno v kapitole době náhrady, musíme vzít v potaz, že vyráběné množství je jen 70 ks / rok.

Hospodářský výnos při zavedení nové technologie v dalším období:

$$V = (Z_m + U_r) = (13\,129,9 + 11\,072,8) = 24\,202,7 \text{ Kč / rok}$$

Z vypočítaných a uvedených podkladů jde vyhodnotit, že náhrada mosazné klece klecí plechovou při roční výrobě 70 kusů je pro podnik velmi ztrátovou záležitostí. Na druhou stranu ložisko nové plechové konstrukce má lepší dynamickou únosnost, proto bude ložisko více konkurenceschopné. I když jde vidět, že náhrada z finančního hlediska je ztrátová, podnik tuto náhradu dále prezentuje za vidinou lepší roční výrobnosti. Právě řešení daného ztrátového finančního problému by byla větší roční výrobnost (dle výpočtu pro kritické množství = 971 ks), která by později náhradu novou technologií přivedla do plusových finančních hodnot.

VI.) ZÁVĚR

V diplomové práci je u vybraného reprezentanta navržena náhrada mosazné klece klecí plechovou, nová technologie výroby axiální plechové klece plošným tvářením (stříháním, tažením a děrováním) v lisovacím stroji a vypracován konstrukční návrh funkčních částí nástroje pro děrování okének klece včetně potřebných výpočtů a dílenské výkresové dokumentace.

V literární rešerši jsem popsal teorii tažení a také hlavně teorii stříhání, kterou jsem později využil při konstrukčním návrhu funkčních částí pro děrování okének klece. Při výrobě těchto částí je důležité provést všechny výpočty ke stanovení velikosti potřebných sil na ražení (vystřížení) okének a kontrolu funkčních částí na různé deformace. Značná pozornost byla kladena na výpočet tvářecí síly, která patří mezi hlavní parametry pro určení velikosti lisovacího stroje.

V dalším bodě jsem se zabíral popisem současného stavu výroby axiálních klecí jak plechových, tak i mosazných, kde jsem z poznatků a návštěv firmy ZKL pořídil konkrétní fotografie výroby a důležité informace pro další zpracování diplomové práce. Podle toho jsem zhodnotil možnosti náhrady mosazných klecí lisovanými klecemi z plechu.

Po vypracování a zhodnocení výrobních skupin axiálních soudečkových ložisek, jsem z katalogu firmy ZKL vybral ložisko, které je momentálně vyráběno pouze s mosaznou klecí. Tím jsem zvolil reprezentanta (ložisko s označením 293 36 M) a pro daného reprezentanta jsem navrhl technologický postup pro výrobu náhrady mosazné klece klecí plechovou. Ložisko s lisovanou klecí z plechu má označení 293 36 EJ – 4.

Ve výpočtové části jsem pro zvoleného reprezentanta vypracoval podle rešerše stříhání technologický výpočet tvářecí síly, v konstrukčním výpočtu jsem zhodnotil, zkontroloval razník na otláčení a na vzpěr, raznici na ohyb. Podle těchto propočtů jsem navrhl konstrukčně funkční částí pro děrování okének klece a zpracoval jsem výkresovou dokumentaci.

V závěru diplomové práce je provedeno pro zvoleného reprezentanta a danou sériovost, která činí 70 ks / rok ekonomické porovnání náhrady mosazné klece klecí plechovou.

Přínos diplomové práce spočívá v navržení nové technologie a konstrukčních částí pro výrobu axiální plechové klece, která nahrazuje starší mosazné provedení.

SEZNAM POUŽITÝCH LITERÁRNÍCH PRAMENŮ

- [1] DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření : Plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno : CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
- [2] FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vysoké učení technické v Brně. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
- [3] FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. 1. vyd. Nakladatelství VUT v Brně. Brno: Rekrorát Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6.
- [4] FREMUNT, Přemysl, PODRÁBSKÝ, Tomáš. *Konstrukční oceli*. [s.1.] : VUT Brno, 1996. 85 s.
- [5] NOVOTNÝ, J., LANGER, Z. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha : SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13-B3-IV- 41/22674.
- [6] RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty*. 1. vyd. Brno : Nakladatelství VUT v Brně, 1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3.
- [7] TIŠNOVSKÝ, Miroslav, MÁDLE, Luděk. *Hluboké tažení plechu na lisech*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1990. 200 s. ISBN 80-03-00221-4
- [8] DVOŘÁK, Milan, *Technologie II*, 2. vydání, Cerm, Brno, 2004, 238 s., ISBN 80 - 214 -2683-7
- [9] NOVOTNÝ, K.: *Nástroje a přípravky, část I. – tváření*. 1. vydání Brno, vydavatel VUT BRNO, 1982, 179 stran
- [10] Kotouč, J. a kol., *Tvářecí nástroje*, 1.vydání, ČVUT, Praha, 1993, 349s., 80-01-01003-1
- [11] NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje a zařízení : určeno pro kombinované studium, III. roč..* Brno : VUT v Brně, 2002. 122 s. Dostupný z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/vyrobnni_stroje_a_zarizeni__novotny.pdf>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
$S_{\text{výstrižku}}$	plocha výstrižku	[mm ²]
$S_{\text{výtažku}}$	plocha výtažku	[mm ²]
D	průměr výstrižku	[mm]
d_1, d	průměr výtažku	[mm]
h	hloubka výtažku	[mm]
h_1	výška stěny výtažku	[mm]
d_p	průměr přírub	[mm]
R_0	velikost poloměru přístřihu	[mm]
r	poloměr válcové části	[mm]
x	vzdálenost těžiště tvořící křivky od osy tělesa	[mm]
L	součet délek přímých částí stěn výtažku	[mm]
L_x	součet součinů délek $l_{1...n}$ a vzdálenost těžišť délek od osy x	[mm]
m_1	součinitel tažení pro první tah	[-]
d_n	průměr výtažku v dalších n krocích	[mm]
z	materiálová konstanta	[-]
k_p	součinitel určující nutnost použití přidržovače	[-]
S	činná plocha pod přidržovačem	[mm]
p_p	měrný tlak přidržovače	[MPa]
F_t	tažná síla	[N]
F_p	přidržovací síla	[N]
F_v	vyhazovací síla	[N]
t, t_0	tloušťka taženého materiálu	[mm]
R_m	mez pevnosti taženého materiálu	[MPa]
C	součinitel vyjadřující vliv součinitele tažení s přihlédnutím k poměrné tloušťce t/D	[-]
F_c	největší potřebná síla	[N]
C_1	součinitel zaplnění (určený z praktických měření)	[-]
n	počet otáček lisu	[min ⁻¹]
z_b	hodnota zdvihu	[mm]
p_t	pracovní pohyb tažníku	[mm]
D_0	velikost přístřihu	[mm]
d	vnitřní průměr výtažku	[mm]
k	součinitel tažení	[-]
S_{rot}	povrch rotačního tělesa	[mm ²]
m_c	celkový součinitel tažení	[-]
m_n	součinitel tažení normovaný	[-]
t_m	tažná mezera	[mm]
F_{skut}	skutečná tažná síla	[N]
A	tažná práce	[J]
$v_{\text{taž}}$	tažná rychlost	[m . min ⁻¹]
r_t	poloměr tažnice	[mm]
r_p	poloměr tažníku	[mm]
n	koeficient zahrnující opotřebení nástroje	[-]
S	plocha stříhu	[mm ²]
τ_s	střížný odpor	[MPa]
l	délka stříhu	[mm]
F_s	střížná síla	[N]
k	koeficient závislý na druhu a tloušťce materiálu	[-]

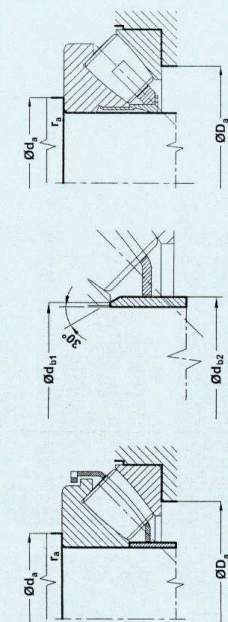
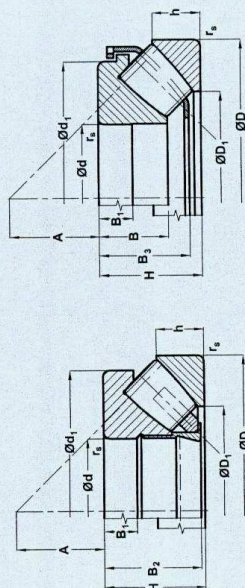
k_{eu}, k_{ev}	koeficient	[-]
n	počet výstřižků v neodlehčené části stříhadla	[ks]
c	koeficient	[-]
m_p	jmenovitá šířka pásu	[mm]
p	tolerance pásu	[mm]
v_L	vůle mezi pásem a lištami	[mm]
h_L	tolerance vzdálenosti lišt	[mm]
σ_{dov}	dovolené namáhání materiálu střižníku na tlak	[MPa]
E_p	modul pružnosti v tahu	[MPa]
n_k	koeficient bezpečnosti	[-]
J_y	moment setrvačnosti průřezu	[mm ⁴]
S	plocha průřezu střižníku	[mm ²]
σ_S	namáhání střižníku tlakem	[MPa]
d	průměr střižníku	[mm]
σ_O	namáhání v ohybu	[MPa]
t	tloušťka stříhaného materiálu	[mm]
φ	úhel zkosení	[°]
A_s	střižná práce	[J]
F_u	stírací síla	[N]
F_v	protlačovací síla	[N]
z	střižná mezera	[mm]
v	střižná vůle	[mm]
F_{am}	minimální axiální zatížení	[N]
F_r	radiální složka působícího kombinovaného zatížení	[N]
M	součinitel minimálního zatížení	[-]
n	frekvence otáčení	[min ⁻¹]
C_{oa}	základní statická únosnost	[N]
C_a	základní dynamická únosnost	[N]
P_{oae}	ekvivalentní statické zatížení	[N]
P_{ea}	ekvivalentní dynamické zatížení	[N]
F_a	axiální zatížení	[N]
F_r	radiální zatížení	[N]
Q_{skut}	počet vyráběných kusů	[ks / rok]
ZR	zpracovatelská režir	[%]
Z	zisk	[%]
Z_m	úspora	[Kč]
U_r	úspora	[Kč]
N_A	stávající technologie	[Kč]
N_B	nová technologie	[Kč]
N	rozdíl	[Kč]
T_U	doba úhrady	[rok]
C_{PK}	cena celková	[Kč]
C_{MK}	cena celková	[Kč]
V	hospodářský výnos	[Kč / rok]
Q_{krit}	kritický počet vyráběných kusů	[ks / rok]














SEZNAM PŘÍLOH

Katalog firmy ZKL – axiální soudečková ložiska.....	PŘÍLOHA 1
Materiálové listy – 19 436.....	PŘÍLOHA 2
Tabulky součinitelů a koeficientů.....	PŘÍLOHA 3
Výkres klece pro axiální soudečkové ložisko 293 36 EJ – 4.....	PŘÍLOHA 4
Výkres razníku 4 – DP – 51 / 01.....	PŘÍLOHA 5
Výkres raznice 4 – DP – 51 / 02.....	PŘÍLOHA 6

AXIÁLNÍ SOUDEČKOVÁ LOŽISKA

d = 120 - 200 mm



Hlavní rozměry				Hmotnost	Základní únosnost		Koeficient min. axiál. zatížení	M	Mezní frekvence otáčení pro mazání olejem	Označení ložiska s valcovou drůu	Rozměry										Připojovací rozměry					
d	D	H	r ₁	kg	C _d	C _s					d	d ₁	D ₁	B	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	A	d _A	d _N	r ₁	D ₂	f	d ₁
mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
120	210	54	2,1	7,6	560	1830	0,42	1400	29324M		29324M	120	194	157,5	51	18	26	70	160	184	2	2				
120	250	78	4	18,1	934	3000	0,91	1300	29424EJ		29424EJ	120	229	172	74	29	37	74	180	212	3	3				
120	250	78	4	18,1	934	3000	0,91	1300	29424M*		29424M*	120	229	172	74	29	37	74	180	212	3	3				
130	225	58	2,1	9,3	628	2070	0,54	1300	29326M		29326M	130	205	170	55	19	28	76	170	198	2	2				
130	225	58	2,1	8,7	628	2070	0,54	1300	29326EJ		29326EJ	130	205	170	55	19	28	76	170	198	2	2				
130	270	85	4	22,5	1090	3540	1,6	1200	29426EJ		29426EJ	130	247	188	81	31	41	81	195	229	3	3			140	
130	270	85	4	22,5	1090	3540	1,6	1200	29426M*		29426M*	130	247	188	81	31	41	81	195	229	3	3			147,5	
140	240	60	2,1	11	675	2310	0,67	1300	29328M		29328M	140	219	183	57	20	29	82	185	211	2	2				
140	280	85	4	23	1509	4686	1,8	1200	29428EJ		29428EJ	140	254	196,5	54	32	74	41	86	205	239	3	3			156
140	280	85	4	24,2	1130	3750	1,8	1200	29428M		29428M	140	257	197,5	81	31	41	86	205	239	3	3			157	
150	250	60	2,1	11,5	697	2430	0,74	1200	29330M		29330M	150	229	193	57	20	29	87	195	222	2	2				
150	300	90	4	28,2	1626	5241	2,3	1100	29430EJ		29430EJ	150	273	209,5	58	34	79	44	92	220	275	3	3			178
150	300	90	4	29,4	1280	4270	2,3	1100	29430M		29430M	150	276	211,5	86	32	44	92	220	257	3	3				
160	270	67	3	15,2	807	2810	0,99	1100	29332M		29332M	160	248	207	64	23	32	92	210	239	2,5	2,5				
160	320	95	5	35,5	1460	4810	2,9	1000	29432M		29432M	160	306	226	91	34	45	99	230	274	4	4				
170	280	67	3	16	833	2950	1,1	1100	29334M		29334M	170	258	215	64	23	32	96	220	248	2,5	2,5				
170	340	103	5	43,7	1620	5380	3,6	940	29434M		29434M	170	324	240	99	37	50	104	245	291	4	4				
180	300	73	3	20,3	984	3530	1,6	1000	29336M		29336M	180	277	231	69	25	35	103	235	266	2,5	2,5				
180	360	109	5	52	1800	6010	4,5	890	29436M		29436M	180	342	255	105	39	52	110	260	307	4	4				
190	320	78	4	23,3	1440	4840	2,9	1100	29338EJ		29338EJ	190	284,4	239,5	49	28	36	110	250	280	3	3			200	
190	320	78	4	24,8	1120	4010	2	940	29338M*		29338M*	190	308	246	74	27	38	110	250	283	3	3				
190	380	115	5	60	1960	6610	5,5	840	29438M		29438M	190	360	270	111	41	55	117	275	325	4	4				
200	280	48	2,1	8,76	710	3150	1,4	1150	29240EM		29240EM	200	264	233	45	17	24	108	235	260	2	2				
200	340	85	4	29	1620	5480	3,8	950	29340EJ		29340EJ	200	302,8	253,6	53,5	29	73	40	116	265	297	3	3			211
200	340	85	4	33	1300	4740	2,8	890	29340M*		29340M*	200	325	261	81	29	41	116	265	300	3	3			224	
200	400	122	5	69	2210	7510	7,1	790	29440M		29440M	200	380	284	117	43	59	122	290	343	4	4				

Upozornění: Další ložiska viz. *nutno projednat s výrobcem

D O D A T E K

Porovnání s obdobným mezinárodním doporučením

* Ocel odpovídá oceli položka 8 podle doporučení RVHP RS 1335-68.

Změny proti předchozímu vydání

Chemické složení upraveno: snížen max. obsah P z 0,035 na 0,030 %.

Zúženo rozmezí C, Mn, Si a Cr.

Doplňn max. obsah Ni 0,50 %.

Doplňeny dovolené úchytky chemického složení hotového výrobku.

Doplňena třída odpadu a barevné značení.

Upraveny teploty a postupy pro tváření a tepelné zpracování.

Doplňeny informativní údaje teploty přeměn.

Vypracování normy

Zpracovatel: Spojené ocelárny, n. p., Kladno


Pracovník Úřadu pro normalizaci a měření: inž. Karel Novák

U p o z o r n ě n í : Změny a doplňky, jakož i zprávy o nově vydaných normách jsou uveřejňovány ve Věstníku Úřadu pro normalizaci a měření.

DT 669.14.018.25

ČESKOSLOVENSKÁ STÁTNÍ NORMA

Schválena: 12. 6. 1968



OCEL 19 436
chromová

*ČSN 41 9436

JK 125 034

Сталь инструментальная 19 436

Tool steel 19 436

Skupina ocelí

na nástroje na stříhání za studena, tváření a drčení,
na řezné nástroje a formy

Chemické složení
(rozbor tavby)

%

C

Mn

Si

Cr

Ni

P

S

1,80
až
2,05

0,20
až
0,45

0,20
až
0,45

11,00
až
12,50

max.
0,50

max.
0,030

max.
0,035

Dovolené úchytky chemického
složení hotového výrobku

%

±0,02

±0,03

±0,03

+0,2
—0,3

—

—

—

Třída odpadu podle
ČSN 42 0030 : 006

Barevné značení: hnědá-modrá-bílá

Způsob výroby

elektroocel

Výrobek

tyče

Provedení

válcováno za tepla
nebo kováno

broušeno nebo broušeno
a leštěno

Povrch

okulený

lesklý

Rozměrová norma

ČSN 42 5516
ČSN 42 5519
ČSN 42 5523

Technické dodací předpisy

ČSN 42 0222

ČSN 42 0134

Označení materiálu a stavu

19 436.3

19 436.4¹⁾

19 436.3

19 436.4¹⁾

Stav

žlhaný
naměkko

kalený
v oleji

na
vzduchu

žlhaný
naměkko

kalený
v oleji

na
vzduchu

Pro průměr
(tloušťku)

mm

20

20

20

20

Tvrdość
podle

Brinella HB

max. 250

min.
61

min.
60

max. 250

min.
61

min.
60

Rockwella HRC

Vickerse HV

(Pokrač.)

Nahrazuje ČSN 41 9436 z 9. 7. 1953

Účinnost od:
1. 7. 1969

*ČSN 41 9436

Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, Praha

Výrobek	plechy		výkovky		
Provedení	válcováno za tepla		kováno za tepla		
Povrch	okujený nebo mořený		okujený		
Rozměrová norma	ČSN 42 5316				
Technické dodací předpisy	ČSN 42 0211				
Označení materiálu a stavu	19 436.3	19 436.4 ¹⁾	19 436.3	19 436.4 ¹⁾	
Stav	žíhaný naměkko	kalený	žíhaný naměkko	kalený	
		v oleji	na vzduchu	v oleji	na vzduchu
Pro průměr (tloušťku)		20	20	20	20
		mm			
Tvrdost podle	Brinella HB	max. 250	max. 250		
	Rockwella HRC	min. 61	min. 60	min. 61	min. 60
	Vickerse HV				

(Pokrač.)

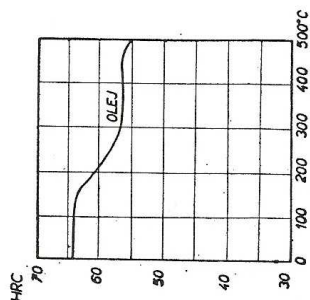
Doporučené teploty pro tvárění a tepelné zpracování		
Způsob	Teplota °C	Postup
Kování	1050 až 850	pomalou ochlazovat, např. v suchém popelů nebo v peci
Žhání normalizační	—	několik hodin prohřát (podle velikosti předmětu), většinou stačí 4 hodiny a pomalu ochlazovat v peci
Žhání naměkko	750 až 780	1 až 2 hodiny prohřát a pomalu ochlazovat v peci
Žhání ke snížení prnutí	600 až 650	tvárové složité předměty v oleji o teplotě asi 80 °C nebo termálně v lázni o teplotě asi 450 °C
Kalení ²⁾	930 až 960	v proudě vzduchu, menší tloušťky asi do 30 mm
	950 až 980	ochlazovat na vzduchu, stupeň popouštění se řídí potřebnou tvrdostí a houževnatostí nástroje (viz popouštěcí diagram)
Popouštění	100 až 300	ochlazovat na vzduchu, stupeň popouštění se řídí potřebnou tvrdostí a houževnatostí nástroje (viz popouštěcí diagram)
Další vlastnosti, které nejsou předmětem ověřování jakosti jednotlivých dodávek		
Ocel prokaluje v celém průřezu asi do průměru (tloušťky)	v prakticky používaných rozměrech v celém průřezu	
Teploty přeměn °C	A _{c1}	asi 800 až 830
	M _s	asi 200

(Pokrač.)

ČSN 41 9436

ČSN 41 9436

Informativní diagram vlivu popouštěcích teplot na tvrdost:



- 1) V tomto stavu huf výrobky nedodává.
- 2) Silnější předměty prohřáté na kalici teplotě nejméně 20 minut. Při kalení na sekundární tvrdost (nitridované nástroje apod.) se použije kalici teploty asi 1080 °C a popouštěcí teploty asi 500 °C (viz popouštěcí vrstevnicový diagram).

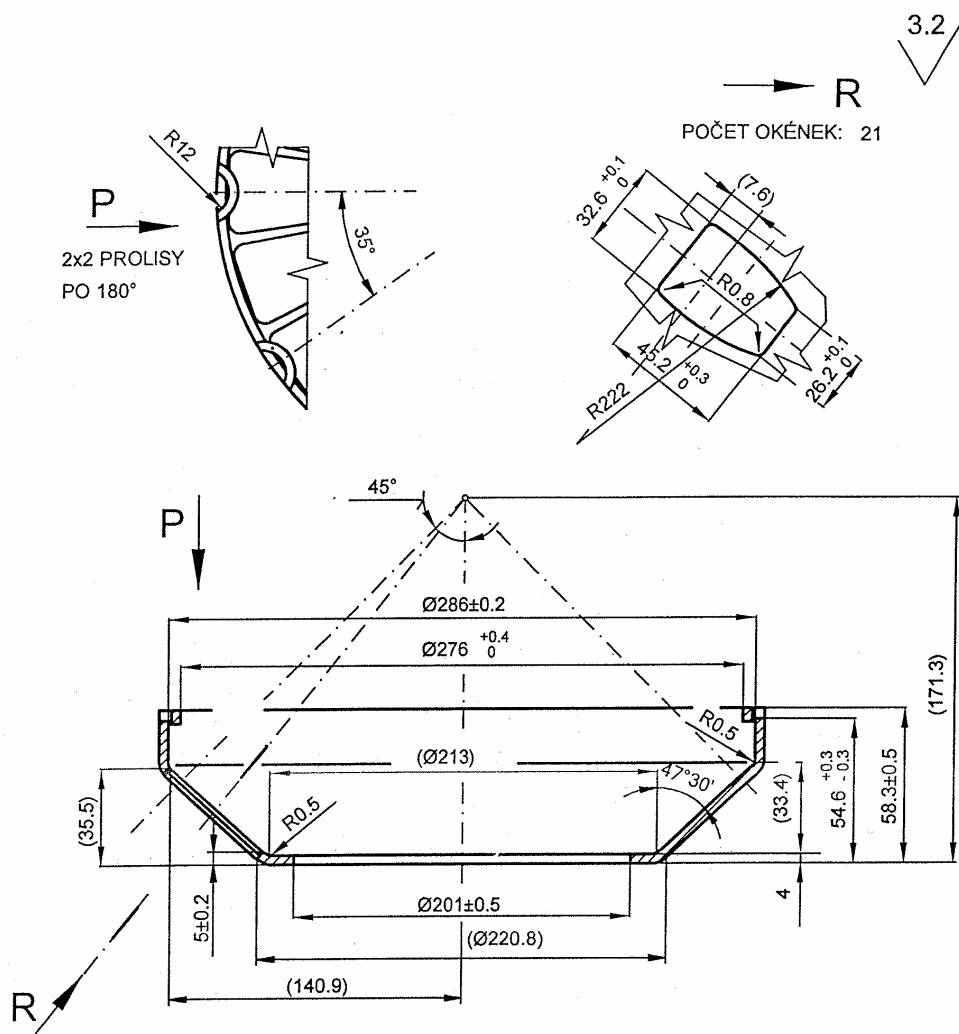
Charakteristika oceli	<p>Vysoce legovaná chromová ocel s velkou prokalitelností ke kalení v oleji a na vzduchu, zvlášť vysoká odolnost proti opotřebení jak kovovými tak minerálními látkami, dobrá řezivost (lepší než u oceli 19 422), velmi vysoká pevnost v tahu, značně nízká houževnatost zejména v příčném směru, výrazná karbidická řadkovitost, dobrá stálost rozměrů při tepelném zpracování, změna rozměrů větší než u oceli 19 312, zvýšená citlivost na rychlý a nestejnoměrný ohřev, vhodnost ke kalení na sekundární tvrdost (možnost např. nitridování), dosti obtížná obrusitelnost, obtížná tvárnost za tepla a poněkud ztížená obrábělnost v žháném stavu</p>
Vhodnost použití	<p>Nástroje pro stříhání za studena: všechny druhy nástrojů s velkou životností pro stříhání na lisech a děrování materiálů menších tloušťek a materiálů vysoké pevnosti (zejména tvarově složitě nástroje pro stříhání dynamových a transformátorových plechů a plechů z nezevazujících ocelí), nože pro tabulové nůžky na plech a páskovou ocel (do tloušťky stříhaného materiálu asi 4 mm), nože na stříhání drátu apod.</p> <p>Nástroje pro tváření: menší průvlaky a nástroje pro tažení, všechny druhy jednoduchých nástrojů na přetváření a rážení materiálů menších tloušťek, u nichž nedochází k přidávání namáhání ohybem nebo na roztržení, jednoduché a symetrické nástroje na protlačování a tlacení, nástroje na válcování závitů, malé, hladké a profilové válce, kovádky (i pro práce za tepla)</p> <p>Nástroje řezné: protahovací a protlačovací trny, profilové nože a tvarově složitě frézy pro menší řezné rychlosti a pro obrábění nekovových abrasivních materiálů</p> <p>Formy: malé formy s velkou životností pro tváření plastických hmot, práškových hmot, skla, porcelánu a keramických materiálů</p> <p>Nástroje na drcení a mletí: kladiva drtičů a čelisti pro jemné drcení a mletí.</p>

(Pokrač.)


PŘÍLOHA 3

Tabulky součinitelů a koeficientů potřebných k výpočtům

materiál	Tloušťka materiálu			
	do 1	1 až 2	2 až 4	nad 4
Oceli o pevnosti 250 až 350 MPa	0,70 až 0,65	0,65 až 0,60	0,60 až 0,50	0,45 až 0,35
Oceli o pevnosti 350 až 500MPa	0,60 až 0,55	0,55 až 0,50	0,50 až 0,42	0,40 až 0,30
Oceli o pevnosti 500 až 700MPa	0,45 až 0,40	0,40 až 0,35	0,35 až 0,30	0,30 až 0,15
Al, Cu žíhané	0,75 až 0,70	0,70 až 0,65	0,65 až 0,55	0,50 až 0,40



ODSTRANIT OTŘEPY A OSTŘINY

Změny	Index	Dříve	Nyní	Datum-Podpis	 Výzkum a vývoj, a.s. Brno	
Materiál		11300	Odpad	Hmotnost	-0.98kg	Měřítko
Polotovar			Pozice			
Číslo pro počítáč						
Kreslil		Norm.				
Přezkoušel		Schválil		Dne		
Název sestavy				AXIÁLNÍ SOUDEČKOVÉ LOŽISKO		Starý výkres
				29336EJ		Nový výkres
Součást				KLEC		Číslo výkresu
				01-29336-48-14632		Indice